A. M.

Ex Bibliothecâ Presbyterorum Seminarii
S^ti Sulpitii.

39640/B

PARA DU PHANJAS F.
C
vol3

THÉORIE

DES ÊTRES SENSIBLES,

OU

COURS COMPLET

DE PHYSIQUE.

Digitized by the Internet Archive
in 2019 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b30539584_0004

THÉORIE
DES ÊTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE,

SPÉCULATIVE, EXPÉRIMENTALE, SYSTÉMATIQUE ET GÉOMÉTRIQUE,

MISE A LA PORTÉE DE TOUT LE MONDE :

AVEC une Table alphabétique des matieres, qui fait de tout cet Ouvrage un vrai DICTIONNAIRE DE PHYSIQUE.

Par M. l'Abbé PARA *DU PHANJAS.*

TOME TROISIEME.

THÉORIE DES MÉTÉORES, DE LA LUMIERE, DU FEU, DE L'ÉLECTRICITÉ.

A PARIS, RUE DAUPHINE,
Chez CHARLES-ANTOINE JOMBERT, pere, Libraire du Roi pour l'Artillerie & le Génie, à l'Image Notre-Dame.

M. DCC. LXXII.

Avec Approbation, & Privilége du Roi.

318332

WELLCOME
LIBRARY
INSTITUTE

THÉORIE

DES ÊTRES SENSIBLES,

OU

COURS COMPLET

DE PHYSIQUE.

SUITE DE LA THÉORIE DE L'AIR.

THÉORIE DES MÉTÉORES.

MÉTÉORES AQUEUX.

MÉTÉORES LUMINEUX.

MÉTÉORES IGNÉS.

MÉTÉORES AÉRIENS.

THÉORIE
DES ÉTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE.

SUITE DE LA THÉORIE DE L'AIR.

TROISIEME SECTION.

NATURE DES MÉTÉORES.

784. DÉFINITION. ON nomme *Météores* (*), certains phénomenes, certains effets naturels, qui naiſſent & paroiſſent dans le corps de l'athmoſ-

(*) ETYMOLOGIE. Météores ; de μετεωρος, *altus*, *ſublimis*, haut, élevé : effet qui eſt produit, ou ſpectacle qui ſe montre dans un lieu élevé, dans une région placée au-deſſus de nos têtes.

phere ; c'eſt-à-dire, dans la maſſe d'air qui nous enveloppe de toutes parts au-deſſus de nos têtes. On les diviſe communément en *Météores aqueux*, en *Météores lumineux*, en *Météores ignés*, en *Météores aériens ;* & telle eſt la diviſion que nous allons ſuivre & développer.

Mais n'oublions pas d'avertir le lecteur, qu'il ne doit point s'attendre toujours dans cette ſection, à des démonſtrations ſenſibles & triomphantes. Tous les météores préſentent toujours dans le méchaniſme de leur formation, quelque partie obſcure, quelques myſteres impénétrables; que toute la ſagacité des plus grands phyſiciens & des plus profonds naturaliſtes de tous les ſiecles & de toutes les nations, n'a pu ſaiſir & dévoiler.

Aſcenſion des vapeurs & des exhalaiſons.

785. OBSERVATION. L'*athmoſphere*, ce fluide inviſible qui enveloppe notre globe, qui participe à ſon mouvement diurne & annuel, n'eſt jamais un corps purement aérien ; tout ce qui fermente & pourrit, tout ce qui végete & tranſpire, tout ce que l'action de l'air & du feu peut exalter & volatiliſer, les ſubſtances aqueuſes, les ſubſtances huileuſes, les ſubſtances ſalines, s'y rendent de toutes parts en imperceptibles torrents; ſe combinent ou ſe mêlent avec la maſſe aérienne juſqu'à une certaine hauteur, & donnent naiſſance aux différents météores. L'athmoſphere (comme nous l'avons déja obſervé dans le volume précédent, *pag.* 382) eſt donc cet enſemble d'air, de vapeurs, d'exhalaiſons, qui forme autour de la terre une couche

ellipſoïdale d'environ quinze lieues de hauteur (743); mais dont l'air fait la partie principale, & dont les vapeurs & les exhalaiſons ne ſont que la partie acceſſoire & accidentelle. L'aſcenſion des *vapeurs* & des *exhalaiſons* dans la maſſe de l'air ou dans l'athmoſphere, eſt un fait certain & connu de tout le monde : mais quelle en eſt la cauſe ? quel en eſt le méchaniſme phyſique ? C'eſt ce dont il n'eſt pas facile de donner une raiſon bien plauſible & bien ſatisfaiſante.

I°. Il paroît que la chaleur eſt une des principales cauſes de ce phénomene; mais elle n'eſt pas la ſeule : puiſque l'exaltation des vapeurs & des exhalaiſons n'eſt pas proportionnelle à la chaleur ; puiſque ſouvent dans un très-grand froid, la neige diſparoît, la glace diminue, la glace & la neige s'exaltent en vapeurs.

II°. Il eſt certain que l'action de l'air contribue pour beaucoup à l'exaltation des vapeurs & des exhalaiſons. Mais comment & de quelle maniere s'opere ce phénomene ? On répond communément que les vapeurs & les exhalaiſons ſont exaltées par la preſſion de l'air, qui ſe trouve ſpécifiquement plus peſant que ces corpuſcules immenſément dilatés ou diviſés par la chaleur. Mais cette raiſon n'eſt pas ſuffiſante. Car pour qu'un volume d'eau, par exemple, devienne ſpécifiquement plus léger qu'un égal volume d'air, il lui faut une dilatation qui rende ſon volume au moins huit cents fois plus grand; dilatation qui exige une chaleur incomparablement plus grande que celle que nous avons dans les tems où nous voyons les vapeurs s'élever avec la plus grande abondance.

III°. Ne pourroit-on pas ſoupçonner une affinité, une *attraction ſpéciale*, entre l'air & les corpuſcules qu'il éleve ; attraction aſſez ſemblable à celle qu'a l'eau pour les ſels qu'elle diviſe & avec leſquels elle ſe combine (105) ? Dans cette hypotheſe ſi naturelle, l'action de la chaleur & l'action de l'air, concourant tantôt conjointement & tantôt ſéparément à l'aſcenſion des vapeurs & des exhalaiſons, rendroient raiſon de ce grand phénomene, cauſe certaine & indubitable de tous les météores. Premierement, l'action de la chaleur, en dilatant les corps, en diminuant l'adhérence de leurs parties, faciliteroit la ſéparation d'une infinité de corpuſcules, qui ſeroient par là comme prochainement diſpoſés à l'attraction de l'air. Secondement, l'action de l'air attireroit ces corpuſcules avec d'autant plus ou moins de force, que ſon affinité ſeroit plus ou moins ſatisfaite ; que ſa maſſe ſeroit plus ou moins denſe ; que ſon action ſeroit plus ou moins répétée & renouvellée ſur un même objet, par exemple, ſur un baſſin d'eau quand le vent ſouffle.

Il ne s'enſuivroit pas delà que les vapeurs & les exhalaiſons duſſent s'élever juſqu'à la plus grande hauteur de l'athmoſphere, comme les corpuſcules ſalins s'élevent du fond d'un baſſin juſqu'à la ſurface de l'eau : parce que la denſité de l'air allant toujours en décroiſſant à meſure qu'il s'éloigne de la terre ; il peut ſe faire fort aiſément qu'à la hauteur de mille ou deux mille toiſes, l'air ceſſe d'avoir aſſez d'action attractive pour élever plus haut ces corpuſcules, dont la gravité toujours à peu près conſtante, lutte perſévéramment contre la force attractive tou-

jours de plus en plus décroiſſante. Nous obſerverons bientôt qu'en effet, ce que nous nommons vapeurs & exhalaiſons, ne s'éleve pas à une bien grande hauteur dans la région de l'air. (790.)

Diviſion des Météores.

786. DESCRIPTION. Tous les météores doivent leur origine & leur être au fluide aérien, & aux vapeurs & aux exhalaiſons répandues dans ce fluide aérien; avec certaines différences qui diſtinguent & caractériſent chaque eſpece de météores.

I°. Les *Météores aqueux* conſiſtent dans des amas de vapeurs plus ou moins dilatées, plus ou moins condenſées, tantôt fluides, tantôt liquides, quelquefois conſolidées par le froid. L'eau eſt l'unique ou le principal conſtitutif des météores aqueux.

II°. Les *Météores lumineux* conſiſtent dans une réflexion ou dans une réfraction de la lumiere au ſein des nuées : ſoit que ces nuées ne ſoient compoſées que de vapeurs ; ſoit qu'elles ſoient compoſées d'un mêlange de vapeurs & d'exhalaiſons.

III°. Les *Météores ignés* conſiſtent dans un amas d'exhalaiſons ſulfureuſes, nitreuſes, bitumineuſes, phoſphoriques; qui, échappées du ſein des trois regnes, s'élevent à différentes hauteurs dans l'athmoſphere, s'y amaſſent, y fermentent, s'y enflamment, s'y diſſipent, ſéparées des vapeurs, ou confondues avec les vapeurs.

Il y a une différence remarquable entre les

météores lumineux & les météores ignés. Les météores lumineux brillent ſans aucune inflammation intrinſeque : leur lumiere eſt une lumiere étrangere, qu'ils réfléchiſſent ou réfractent, ſans la produire. Les météores ignés brillent par une inflammation intrinſeque : leur lumiere n'eſt point une lumiere extrinſeque, mais une lumiere qui naît de leur propre fond, des ſubſtances auxquelles ils doivent leur formation.

IV°. Les *Météores aériens*, ou les *vents*, ne ſont autre choſe que des torrents, des débordements, des déplacements du fluide compreſſible & dilatable qui enveloppe la terre, du fluide aérien.

PARAGRAPHE PREMIER.

LES MÉTÉORES AQUEUX.

LA roſée, les brouillards, les nuées, la gelée, la pluie, la neige, la grêle, la trombe, le typhon, les pluies merveilleuſes ; tels ſont les météores aqueux que nous allons faire connoître.

La roſée du ſoir.

787. DESCRIPTION. La *roſée du ſoir*, ou le *ſerein*, eſt cette humidité dont l'air eſt chargé, principalement dans les beaux jours d'été, quelque tems après le coucher du ſoleil. Cette humidité s'éleve de la terre dans l'athmoſphere. Car ſi ſous une grande cloche de verre, on met à une certaine hauteur, ou du papier, ou du

linge, qui n'aient aucune humidité au coucher du ſoleil ; deux ou trois heures après, on les trouve humides : ce qui démontre que cette humidité ne deſcend point de l'athmoſphere, & qu'elle s'éleve de la terre dans l'athmoſphere.

EXPLICATION. I°. Le ſoleil, dans ſa révolution réelle ou apparente ſur l'horiſon, échauffe par ſes rayons brûlants, l'air, la terre, les eaux. Mais cette chaleur, quand le ſoleil ceſſe de l'entretenir par ſa préſence, s'échappe plus facilement du ſein de l'athmoſphere ; que du ſein des eaux & des corps terreſtres, qui ont plus de denſité. On éprouve en effet que l'eau & la terre, quelque tems après le coucher du ſoleil, ont ſenſiblement plus de chaleur que l'air : puiſque, ſi l'on applique la main ou ſur un tas de ſable, ou ſur un baſſin d'eau, qui aient été tranquillement expoſés à l'action du ſoleil pendant un beau jour ; on ſent une chaleur relative plus grande dans le ſable & dans l'eau, que dans l'air. Que doit-il arriver delà ?

II°. La matiere ignée, qui, comme tous les fluides, tend à ſe mettre par-tout en équilibre, s'échappe du ſein de la terre & des eaux, où elle eſt en plus grande abondance, pour ſe répandre dans l'athmoſphere. En s'échappant du ſein des ſubſtances terreuſes, aqueuſes, huileuſes, ſalines ; cette matiere ignée entraîne avec elle une foule de vapeurs & d'exhalaiſons, qu'elle éleve peu à peu dans la maſſe de l'air, aidée ou par la vertu attractive de l'air, ou par quelque autre méchaniſme phyſique de ce fluide ; méchaniſme peut-être inconnu quant à ſa nature, mais certain quant à ſon exiſtence. Delà, la roſée du ſoir.

La roſée du matin.

788. DESCRIPTION. La *roſée du matin* eſt cette humidité qui tombe de l'air ſur la terre, quelque tems avant le lever du ſoleil. La roſée du matin a primitivement pour cauſe la roſée du ſoir, ou l'exaltation des vapeurs pendant la nuit, après le coucher du ſoleil.

EXPLICATION. Les vapeurs & les exhalaiſons qui pendant la nuit ſe ſont tranquillement élevées dans la région de l'air voiſine de la terre, ſe mettent en équilibre avec les différentes couches de la maſſe aérienne qui les a attirées, & qui les ſoutient contre leur gravitation.

Mais quand le ſoleil commence à darder ſes rayons ſur ces couches aériennes, ſa chaleur les raréfie : l'air raréfié, & affoibli par cette raréfaction, ne fait plus équilibre avec le poids des vapeurs & des exhalaiſons qu'il ſoutenoit étant plus denſe : ces vapeurs & ces exhalaiſons, ſéparées ou confondues, cedent donc à leur gravitation, & tombent vers la terre.

789. REMARQUE. Quand le ciel eſt couvert pendant le jour, il n'y a point ou preſque point de roſée, ſoit le ſoir, ſoit le matin : parce que les nuages répandus dans l'athmoſphere, en interceptant les rayons du ſoleil, font que la matiere ignée de cet aſtre, ne peut s'entaſſer & s'accumuler dans les corps terreſtres ; & par là même ne peut s'échapper de ces corps dans l'athmoſphere, & y entraîner des vapeurs & des exhalaiſons.

De même, quand à un beau jour ſuccede une nuit venteuſe, il n'y a point ou preſque point

de roſée : parce que les vapeurs & les exhalaiſons, qu'entraîne dans la région de l'air la matiere ignée, en s'échappant du ſein des corps terreſtres, ſont à l'inſtant emportées & diſſipées par l'impulſion du vent ; ce qui fait qu'elles n'ont pas le tems de s'entaſſer & de s'accumuler peu à peu dans un même endroit, d'une maniere ſenſible.

Dans certains pays il pleut très-rarement : mais en retour, il y a des roſées très-abondantes, qui ſuffiſent pour procurer à la terre une heureuſe fertilité ; chaque roſée devenant pour elles une petite pluie répétée preſque chaque jour.

Les brouillards, les nuages.

790. DESCRIPTION. Les brouillards & les nuages ne ſont autre choſe qu'un amas de vapeurs & d'exhalaiſons, qui occupent & obſcurciſſent la baſſe région de l'athmoſphere. Quand cet amas de vapeurs & d'exhalaiſons raſe la terre, on le nomme *brouillard :* quand il eſt aſſez conſidérablement élevé au-deſſus de la terre, on le nomme *nuée* ou *nuage*. Ainſi les brouillards ne ſont que de petits nuages, placés dans la plus baſſe région de l'air ; & les nuages ne ſont que de grands brouillards, qui ſe ſont élevés plus haut.

I°. Quand le brouillard n'eſt compoſé que de vapeurs, ou de parties aqueuſes, il eſt ſans odeur ; il ne nuit ni aux plantes, ni aux animaux. Mais ſouvent aux vapeurs ſe mêlent des exhalaiſons nuiſibles, telles que celles qui s'échappent du ſein des pays marécageux ; & alors le brouillard eſt mal-ſain & funeſte. Il ſe fait quelquefois

remarquer par une odeur forte qui déplaît, par une âcrimonie qui affecte les yeux & leur arrache des larmes, par une langueur qu'il occaſionne aux fleurs, aux fruits, aux plantes, à preſque toutes les productions de la nature. Les exhalaiſons, mêlées aux vapeurs qui forment principalement les brouillards, ne ſont pas toutes nuiſibles & funeſtes; il y en a même de bienfaiſantes. Les brouillards de la Saone, par exemple, ſont ſalutaires pour les perſonnes dont la poitrine eſt trop délicate ou mal affectée: ſans doute parce que ces brouillards renferment des exhalaiſons onctueuſes & balſamiques, qui vont imperceptiblement adoucir, tempérer, fortifier ce précieux viſcere.

II°. La couleur, la figure, la grandeur des nuages, varient à l'infini: tout cela dépend & de la quantité & de la qualité des vapeurs & des exhalaiſons qui les forment. Plus ces vapeurs & ces exhalaiſons ſont denſes & hétérogenes, plus le nuage eſt propre à intercepter la lumiere; plus le nuage paroît noir & ténébreux. Quand le nuage eſt principalement compoſé de parties inflammables, il porte dans ſon ſein la matiere & l'aliment de l'éclair, de la foudre, du tonnerre, dont nous parlerons ailleurs.

III°. Les nuages varient auſſi conſidérablement en hauteur: les uns ſont plus, les autres ſont moins élevés au-deſſus de la ſurface terreſtre. Ce phénomene ſemble n'exiger qu'une différente peſanteur ſpécifique dans les matieres plus ou moins atténuées qui les compoſent: les plus peſantes ſe mettent en équilibre avec une couche inférieure; les moins peſantes avec une couche ſupérieure de l'athmoſphere, dont la peſanteur

va

va en décroiſſant, à meſure que ſes couches toujours plus raréfiées s'éloignent de la ſurface de la terre.

Les nuages les plus élevés, qui au premier coup-d'œil ſemblent placés à une hauteur immenſe dans la région de l'air, ne s'élevent preſque jamais à une lieue, fort rarement à une demi-lieue, au-deſſus de la ſurface de la terre. Riccioli, après avoir meſuré géométriquement la hauteur de pluſieurs nuées, a trouvé que les plus hautes & les plus raréfiées ne s'élevent jamais à la hauteur de 5000 pas, qui font environ une lieue & trois quarts. Selon Kepler, les nuages d'où tombe la grêle, ne ſont jamais ou preſque jamais qu'à la hauteur d'un quart de mille; c'eſt à-dire, à la hauteur d'environ 208 toiſes. Selon Fromond, dans ſa Météorologie, un nuage de pluie eſt rarement élevé à plus de 2500 pieds au-deſſus de la terre : ce qui fait environ 408 toiſes. On trouvera dans nos éléments de mathématiques, une méthode géométrique pour meſurer la hauteur d'un nuage quelconque. (*Math.* 425.)

La gelée blanche, le givre.

791. DESCRIPTION I. La *gelée blanche* eſt formée par cette roſée qui tombe imperceptiblement de l'athmoſphere, & qui ſe congele en tombant, ſur la fin de l'automne & au commencement du printems, un peu avant le lever du ſoleil.

Au printems & en automne, le ſoleil, dans un beau jour, échauffe aſſez conſidérablement la ſurface de la terre & des eaux, pour occaſionner

une abondante roſée du ſoir & du matin (787). Mais comme dans cette ſaiſon les matinées ſont très-fraîches en certaines contrées, & que le plus grand froid eſt à l'inſtant qui précede le lever du ſoleil ; il arrive ſouvent que ce froid eſt aſſez conſidérable pour congeler la roſée du matin, à l'inſtant qu'elle s'échappe en gouttes imperceptibles du ſein de l'air raréfié par la chaleur du ſoleil ; laquelle chaleur du ſoleil ſe communique & ſe fait ſentir ſucceſſivement, de la partie la plus haute à la partie la plus baſſe de l'athmoſphere. Cette roſée, au lieu de tomber en gouttes liquides, infiniment petites, tombe donc en corpuſcules congelés, infiniment petits, mais qui s'entaſſant les unes ſur les autres, donnent enfin une couche ſenſible de gelée.

792. DESCRIPTION II. Le *givre* ou le *frimas* eſt une eſpece de gelée blanche, qui en hiver, lorſque l'air eſt froid & humide tout enſemble, s'attache à différents corps, aux arbres, aux herbes, aux cheveux, aux vitres des fenêtres. Le nom de gelée blanche eſt affecté uniquement à la roſée du matin congelée. Le nom de givre ou de frimas eſt affecté à toutes les autres vapeurs aqueuſes, qui réunies ſucceſſivement ſur la ſurface de certains corps, s'y accumulent en petites maſſes ſenſibles, & y rencontrent un degré de froid ſuffiſant pour les glacer. La gelée blanche doit ſon origine à une humidité extrinſeque aux corps qu'elle couvre : le givre doit quelquefois ſon origine à une humidité échappée du ſein des corps auxquels il eſt attaché.

I°. Le givre s'attache aux plantes vivantes, en plus abondante quantité qu'aux corps inanimés : ſoit parce que les plantes, par le méchaniſme

de leur organiſation, abſorbent une grande quantité d'air, ſans abſorber avec la même facilité les vapeurs qui lui ſont mêlées, & qui ſe dépoſent ſur leur écorce & ſur leurs feuilles; ſoit parce que ces mêmes plantes, par leur tranſpiration, par la circulation de leur ſeve ou de leurs ſucs propres, portent à toutes leurs extrêmités, des ſucs qui au ſortir de leurs pores, ſont ſaiſis par le froid & congelés. Ainſi on doit regarder la gelée dont pluſieurs plantes ſont couvertes en certains tems, comme émanée en grande partie, de leur ſein & de leur ſubſtance.

II°. De même, le givre qui s'attache aux cheveux des voyageurs, aux crins des chevaux, paroît avoir pour origine, en très-grande partie, les ſucs échappés du ſein du corps animal, par les imperceptibles canaux qui les enfilent dans toute leur longueur, & dont l'extrêmité eſt aſſez éloignée de la ſource où du ſiége de la chaleur animale, pour céder à l'impreſſion du froid extérieur qui les affecte.

III°. Le givre qui s'attache aux fenêtres, qui y forme des ramifications ſi ſingulieres, a communément pour cauſe, non l'humidité du dehors, mais l'humidité du dedans. Comme il y a plus de chaleur dans la chambre qu'au dehors; la matiere ignée, pour ſe mettre en équilibre, s'échappe continuellement en dehors à travers les pores des vitres qui lui donnent un libre paſſage. En ſe répandant au dehors, la matiere ignée entraîne avec elle des vapeurs aqueuſes, qui ne trouvant point de paſſage à travers les pores du verre, par où s'échappent les molécules ignées auxquelles elles étoient adhérentes, s'y attachent & s'y accumulent. Le verre, frappé du froid exté-

térieur, congele ces vapeurs à meſure qu'elles y arrivent & qu'elles s'y arrangent ſelon les loix de leurs affinités : delà le givre, delà les ramifications dont on voit les vitres tapiſſées en certains tems, dans leur ſurface intérieure.

Si on étoit tenté de ſoupçonner que ce givre a pour cauſe l'humidité du dehors, & non l'humidité du dedans ; il ſeroit facile de ſe convaincre du contraire. Car ſi l'on a une chambre à double vitre, on verra le givre ſur la fenêtre intérieure, où eſt d'abord portée & arrêtée l'humidité de la chambre ; & non ſur la fenêtre extérieure, qui devroit être la premiere couverte de givre, ſi l'humidité qui forme le givre, venoit du dehors.

La pluie.

793. DESCRIPTION. La *pluie* eſt une eau ſimple, fluide, inodore, ſans ſaveur & ſans couleur, qui tombe en gouttes ſenſibles du ſein de l'athmoſphere ; où elle avoit été élevée en vapeurs, ou en particules comme infiniment atténuées, par une diſtillation naturelle.

I°. Les vapeurs ou les molécules aqueuſes, que la chaleur de la terre & l'action de l'air ont exaltées dans l'athmoſphere, ſe diſperſent dans l'athmoſphere en particules iſolées & immenſément petites ; & ſe mettent en équilibre avec les différentes couches de ce fluide plus ou moins éloignées de la terre. Ces molécules aqueuſes ſe ſoutiennent dans la région de l'air, ſelon les loix de l'équilibre hydroſtatique, tant qu'elles reſtent iſolées & diſperſées dans ce fluide : ſoit parce que les couches inférieures de l'air ont plus de peſanteur ſpécifique qu'elles ; ſoit parce que les

couches d'air où elles ſont diſperſées, ont aſſez d'affinité ou de force attractive pour contrebalancer & pour détruire leur gravitation.

II°. Ces vapeurs, ces molécules aqueuſes, ainſi exaltées & diſperſées dans l'athmoſphere, peuvent être converties en pluie, par deux cauſes ; *par l'action des vents*, qui compriment les nuages ; *par l'action du froid*, qui condenſe la maſſe de l'air.

Quand deux nuages ſe heurtent & s'entrechoquent en des ſens oppoſés ; il eſt clair qu'ils doivent ſe comprimer. Dans ce cas, les molécules aqueuſes, auparavant iſolées & diſperſées dans les molécules aériennes, ſe rapprochent néceſſairement les unes des autres ; s'attirent par leur affinité naturelle (97) ; ſe convertiſſent par leur réunion en gouttes ſenſibles de différente grandeur, qui ayant plus de peſanteur ſpécifique que l'air dans lequel elles ſe trouvent placées, ſe précipitent au fond de ce fluide par leur excès de peſanteur.

La même choſe doit arriver ſans le ſecours du vent, quand l'athmoſphere, auparavant dilatée par la chaleur, vient à ſe condenſer par le froid. La condenſation du fluide aérien opere néceſſairement le rapprochement des molécules aqueuſes diſperſées dans ſon ſein. Ce rapprochement des molécules aqueuſes donne lieu à leur attraction réciproque, à leur réunion en gouttes plus ou moins volumineuſes, à leur chûte en pluie plus ou moins fine, plus ou moins abondante.

III°. Quand la compreſſion ou la condenſation du fluide aérien ſe fait lentement & peu à peu, les gouttes de pluie ſont très-petites : c'eſt une pluie très-fine qu'on nomme *bruine*. Quand

la compreſſion ou la condenſation du même fluide, ſe fait ſubitement & comme tout à coup; c'eſt une groſſe pluie, dont les gouttes fort volumineuſes tombent avec une grande vîteſſe. Dans le premier cas, les molécules aqueuſes ont le tems de tomber, avant de s'être réunies en grandes gouttes capables de vaincre facilement la réſiſtance de l'air. Dans le ſecond cas, les molécules aqueuſes, rapprochées les unes des autres avec une grande célérité, ont le tems de ſe former en grandes gouttes, avant d'arriver dans la plus baſſe région de l'air, où les précipite avec un mouvement accéléré leur excès conſidérable de peſanteur ſur l'air. Quelquefois auſſi la bruine vient d'un nuage peu élevé; la groſſe pluie, d'un nuage fort élevé.

La neige & la grêle.

794. DESCRIPTION. La *neige* eſt une bruine congelée dans ſa chûte : la *grêle* eſt une groſſe pluie, qui a eu le même ſort. La neige & la grêle ne ſont qu'une eau concrete, qu'une glace formée dans la région de l'air. Semblables dans leur origine, dans leur formation, dans leurs conſtitutifs, elles ne different qu'en plus ou en moins de maſſe & de condenſation.

EXPLICATION. I°. Il conſte par l'expérience, que toutes choſes étant égales d'ailleurs, la chaleur naturelle eſt d'autant moindre dans un lieu, que ce lieu eſt plus élevé au-deſſus de la ſurface de la mer; & qu'on éprouve une température d'autant plus froide ſur une montagne, qu'on s'éleve plus vers ſon ſommet; quelle que ſoit la cauſe de ce phénomene, que nous tâcherons

d'expliquer ailleurs. On conçoit donc facilement, qu'un froid assez piquant peut régner dans certaines couches supérieures de l'athmosphere, lorsque nous éprouvons une grande chaleur sur la surface de la terre.

II°. Il conste encore par l'expérience, que la chaleur peut quelquefois accélérer la formation de la glace, en exaltant un torrent d'esprits frigorifiques dans le liquide à congeler. (615.)

III°. De cette théorie, ou de cette double expérience, découle aisément l'explication de *la formation de la neige*. Par exemple, les molécules aqueuses, converties en bruine, peuvent facilement, en tombant vers la terre, être congelées par le froid qui regne dans les couches aériennes qu'elles traversent. Dans leur chûte lente & vacillante, ces infiniment petites molécules congelées se rencontrent, s'entre-choquent, s'accrochent irréguliérement les unes aux autres par leur affinité : delà les floccons de neige. Il neige très-rarement en été : parce qu'il est rare que dans cette saison l'athmosphere ait un degré de froid suffisant pour congeler l'eau. Il ne neige jamais dans la zone torride & dans certaines régions des zones tempérées, voisines des tropiques, pour la même raison. Il neige fréquemment en hiver : parce que dans cette saison, l'athmosphere a très-souvent le degré de froid qu'il faut pour figer l'eau.

IV°. *La formation de la grêle* découle des mêmes principes, avec quelques différences dont il n'est pas difficile de rendre raison. Dans un jour brûlant, où la terre échauffée exhale une grande quantité d'esprits frigorifiques, & fait la fonction du réchaud dont nous avons parlé en traitant de

la glace artificielle (614); qu'un nuage peu élevé, ſubitement comprimé ou condenſé, convertiſſe ſes vapeurs en groſſes gouttes de pluie : ces gouttes de pluie, en tombant à travers des couches d'air où regne un grand froid, cauſé par une grande abondance d'exhalaiſons frigorifiques, ſe convertiront promptement en glaçons. Ces petits glaçons, dans leur chûte, ſe rencontrent, s'accrochent les uns aux autres, ſe convertiſſent quelquefois en maſſes d'une groſſeur prodigieuſe. Nous avons été témoins à Beſançon, il y a ſix ou ſept ans, d'une grêle dont les cryſtaux avoient plus de deux pouces de diametre : une foule d'hiſtoriens, dignes de foi, parlent de certaines grêles dont les glaçons peſoient plus d'une livre, juſqu'à ſix & huit livres.

Il grêle très-rarement en hiver : parce qu'il eſt très-difficile qu'en cette ſaiſon toujours froide, il y ait dans l'athmoſphere une grande & ſubite condenſation, produite par un rapide paſſage d'un grand chaud à un grand froid. Il grêle plus ſouvent pendant le jour que pendant la nuit : parce que la chaleur du jour fait communément monter en plus grande abondance dans l'athmoſphere, les eſprits frigorifiques qui vont procurer & hâter la congelation des gouttes de pluie dans les nuages voiſins. (615.)

Les phyſiciens & les naturaliſtes ont obſervé que la grêle & la pluie qui tombent ſur le haut des montagnes, ſont toujours plus petites, toutes choſes égales d'ailleurs, que celles qui tombent dans le fond des vallées : ce qui prouve ce que nous avons dit, que les gouttes de pluie & les grains de grêle augmentent en maſſe dans leur chûte, par la réunion de pluſieurs gouttes en

une ſeule goutte, de pluſieurs grains en un ſeul grain. Quand les grains ou cryſtaux de grêle ſont d'une grandeur prodigieuſe, il faut que le nuage d'où ils viennent ait eu & une plus grande élévation & une très-prompte condenſation; & que des vents impétueux & tourbillonnants aient ſuſpendu la chûte & favoriſé la réunion des gouttes congelées.

795. REMARQUE. La neige engraiſſe la terre & contribue à ſa fécondité: ſoit en lui apportant avec la ſubſtance acqueuſe, une quantité conſidérable de ſubſtances végétales, qui s'étoient exhalées de ſon ſein; ſoit en garantiſſant la plupart de ſes plantes, pendant la rigueur de la ſaiſon froide, des funeſtes viciſſitudes de la gelée & du dégel (613. IV°.); ſoit en fermant les pores de la terre, & en captivant dans ſon ſein les ſucs végétaux qui s'en échapperoient en pure perte pendant l'hiver, & qui ayant par-là le tems de s'y accumuler & de s'y perfectionner, pendant cette ſaiſon, en ſortent enſuite plus abondants & mieux conditionnés dans une ſaiſon plus favorable.

On nomme *lauvine* dans les Alpes, une grande quantité de neige, qui ſe pelote en roulant du haut des montagnes. Ces lauvines, qui commencent ſouvent par une très-petite pelotte, ſe convertiſſent quelquefois en des globes immenſes ou en des montagnes de neige, qui roulant avec une vîteſſe immenſe, déracinent les forêts, enſeveliſſent les hameaux & les villages, entraînent ou écraſent tout ce qui s'oppoſe à leur épouvantable chûte.

La trombe.

796. DESCRIPTION. La *trombe* eſt une grande nuée, qui comprimée par des vents violents & oppoſés, ſe réſout comme ſubitement en un déluge d'eau, & tombe du haut de l'athmoſphere, en impétueux torrents, ſur une contrée. Par ſa chûte, ſur terre, elle déſole les campagnes, & écraſe les habitations; ſur mer, où elle eſt beaucoup plus fréquente, elle ſubmerge & engloutit les vaiſſeaux.

EXPLICATION. I°. Soit dans l'athmoſphere une épaiſſe nuée, de deux ou trois lieues d'étendue. Que deux vents paralleles & contraires (par exemple, un vent du nord & un vent du midi) ſoufflent à la fois avec violence l'un à côté de l'autre, contre la nuée placée entre leur commune direction: que doit-il réſulter delà? La nuée ſe comprimera avec rapidité; ſe ramaſſera & ſe concentrera comme ſubitement en un fort petit eſpace; ſe convertira en cône ou en cylindre tourbillonnant; dardera de toute part un déluge d'eau formé par ſes vapeurs auparavant éparſes, & maintenant réunies & concentrées; & ce déluge d'eau imitera par ſa chûte, la chûte d'une riviere, qui du haut de l'athmoſphere tomberoit en tourbillonnant ſur un point ou ſur une très-petite étendue de la terre ou de la mer, avec un mouvement accéléré.

Si cette nuée eſt ſubitement frappée par un grand froid; du ſein du cylindre ou du cône tourbillonnant s'échappera par tous les points de ſa ſurface, une horrible grêle. Si cette même nuée eſt remplie d'exhalaiſons, ſulfureuſes,

nitreuſes, bitumineuſes, inflammables; avec la grêle elle dardera de toutes parts l'éclair & la foudre.

II°. Si la même nuée, au lieu d'être comprimée par des vents paralleles & contraires, ſe trouvoit ſubitement preſſée en tout ſens avec violence, par une foule de vents oppoſés & ſoufflants de tous les points de l'horiſon; que devroit-il encore arriver? La nuée ſubitement comprimée & réduite à une très-petite étendue, ſe convertiroit également en une eſpece de riviere, qui du haut de l'athmoſphere iroit écraſer le point de la terre ou de la mer expoſé à ſa chûte accélérée.

Un malheureux village, nommé Seillac, dut ſa ruine à un aſſez ſemblable phénomene en 1759. Situé au pied d'une haute montagne dans le haut Dauphiné, il vit une fatale nuée qui couvroit ſon horiſon, preſſée par les vents & arrêtée par la chaîne de montagnes, ſe convertir tout à coup ſur lui en une eſpece de fleuve ou en une foule de gros torrents; qui tombant du haut du ciel, écraſerent ſes habitations & couvrirent de pluſieurs pieds de gravier, ſes campagnes devenues à jamais infertiles.

Quand ſur mer on ſe voit menacé d'un ſi funeſte météore, on a coutume de tirer ſans ceſſe de grands coups de canon. La ſecouſſe de l'air ébranle la nue, en écarte les parties, en interrompt la direction, ſouvent la diſſipe ou du moins l'empêche de ſe concentrer avec la même facilité.

Le typhon.

797. DESCRIPTION. Le *typhon* (qu'on nomme auſſi *ſyphon* ou *trombe marine*) eſt un grand tour-

billon d'eau raréfiée, qui du ſein de la mer s'éleve dans l'athmoſphere, tantôt en forme de colonne, tantôt en forme de cône renverſé; & qui en deſcend enſuite en riviere ou en torrents. On en a vu qui avoient juſqu'à quatre-vingt, juſqu'à cent toiſes de hauteur, & quelquefois autant ou même plus de largeur. Les marins, pour ſe garantir de ce funeſte météore, ont recours au même expédient qui les garantit quelquefois de la trombe dont nous venons de parler.

Le Cap-de-Bonne-Eſpérance eſt fameux par ſes tempêtes, & par le nuage ſingulier qui les produit ou les accompagne. Ce nuage, qui ne paroît d'abord que comme une tache ronde dans le ciel, eſt le commencement d'un horrible météore, d'un typhon, qui né dans le plus grand calme, va ſubitement bouleverſer la mer, l'élancer juſqu'aux nues, l'affaiſſer & l'entr'ouvrir juſques dans les plus profonds abymes. Les lacs de quelque étendue ont auſſi quelquefois leurs typhons: on en a obſervé deux ſur le lac de Geneve, l'un en 1741 & l'autre en 1742: leur hauteur & leur largeur étoient d'environ dix-huit toiſes.

EXPLICATION. Le typhon paroît devoir communément ſon origine à des feux ſouterreins, à des matieres ſulfureuſes & bitumineuſes, qui fermentent & s'embraſent ſucceſſivement dans d'immenſes cavernes ſous la mer ou ſous les lacs. Ces embraſements ſouterreins échauffent les eaux, les élevent en vapeurs épaiſſes & rapides: comme un fourneau éleve & diſſipe en vapeurs, l'eau contenue dans la chaudiere qu'il échauffe. L'eau en vapeurs monte en torrents

imperceptibles & tourbillonnants dans l'athmoſphere; & n'ayant pas le tems de ſe diſperſer au loin dans la région de l'air, s'amaſſe & s'accumule au-deſſus de la plage où ſe fait l'évaporation, juſqu'à ce que la denſité de cette vapeur occaſionne la réunion de ſes molécules en une ſeule & unique maſſe, qui condenſée tombe par ſon propre poids vers le centre de la terre, & écraſe tout ſe qui ſe rencontre ſous ſa chûte.

I°. Comme l'eau en vapeurs occupe un eſpace 14000 fois plus grand que dans ſon état liquide, & qu'elle déplace un volume d'air égal à ſon nouveau volume (731); il eſt clair que le typhon, en ſe formant rapidement ſur une vaſte plage, doit occaſionner une violente compreſſion dans la maſſe de l'air qu'il avoiſine, & qu'il force à refluer en tout ſens autour du cône ou du cylindre dans lequel il ſe déploie. Delà la tranquillité apparente qui regne dans l'athmoſphere également comprimée en tout ſens, pendant la formation de ce météore.

Mais quand ce météore ſe diſſipe par ſa chûte; avec quel horrible choc, avec quelle épouvantable ſecouſſe, l'air comprimé & condenſé tout autour, à une aſſez grande diſtance, ne doit-il pas ſe précipiter & s'entre-choquer à différentes repriſes, dans le vuide que laiſſe le ſyphon précipité au ſein des eaux? Delà les orages & les tempêtes qui accompagnent & ſuivent ſa chûte.

II°. L'exiſtence des feux ſouterreins, que nous donnons pour cauſe primitive à la formation de ce météore, ne paroît nullement incertaine & douteuſe. Car pendant la formation du typhon la mer eſt dans une grande ébullition, & l'athmoſphere eſt remplie d'exhalaiſons ſulfu-

reuſes qui ſe font ſentir. C'eſt à ces feux ſouterreins qu'on doit attribuer la tiédeur de la mer de la Chine en hiver, où ces typhons ſont très-fréquents, ſur-tout entre Malaca & le Japon: ce qui rend la navigation fort dangereuſe dans cette contrée. (500, 513. III°.)

798. REMARQUE. Les typhons peuvent n'avoir pas tous une ſemblable origine. On a vu des tourbillons élever l'eau d'un étang juſqu'aux nues, ſur des plages où l'on ne pouvoit ſoupçonner aucuns feux ſouterreins : tel fut celui qu'on vit en Baviere en 1755. Un effroyable coup de tonnerre abbattit une nuée toute entiere, laquelle ſe redreſſa ſubitement en cylindre tourbillonnant. Ce tourbillon, en paſſant ſur un petit étang, en pompa l'eau ; l'éleva à une hauteur prodigieuſe ; la diſperſa enſuite en particules infiniment petites, & ſous l'image d'une fumée.

EXPLICATION. Un violent tourbillon peut avoir ſon mouvement en ligne ſpirale, comme en ligne circulaire. Suppoſons donc un tourbillon, ou un courant d'air, dont la direction imite la vis d'Archimede A N, placée perpendiculairement ou obliquement à l'horiſon. (*fig.* 2.)

I°. Ce tourbillon appuyé ſur un étang ou ſur un lac A, & mu avec une immenſe vîteſſe dans la direction ABCDEN, doit continuellement diſſiper & diviſer l'eau de l'étang en gouttes comme infiniment petites. Ces gouttes, diviſées & diſperſées dans le ſein du tourbillon, doivent ſuivre la marche & la route de la force motrice qui les chaſſe & les emporte : cette force motrice, ou le tourbillon, a ſa direction dans la ligne ſpirale ABCDEN : l'eau de l'étang, tant que dure le

tourbillon, doit donc s'élever inceſſamment en gouttes inſenſibles, du ſein de l'étang A, juſqu'au nuage N.

II°. Si ce tourbillon eſt extrêmement rapide & condenſé; il peut avoir aſſez de force pour élever avec l'eau de cet étang, la bourbe, les ſables, les petits inſectes, les graines des plantes, les œufs des petits poiſſons, & mille autres petites ſubſtances ſemblables, qui ſe trouveront mêlées avec l'eau. On voit tous les jours dans nos contrées, de petits tourbillons de pouſſiere & de ſable s'élever & ſe diſperſer dans la région de l'air à une plus ou moins grande hauteur: pourquoi la même cauſe ne pourra-t-elle pas y élever & y diſperſer des particules d'eau, des corpuſcules de toute eſpece mêlés avec l'eau, qui comme la pouſſiere & le ſable, prendront la direction du vent tourbillonnant?

Près de la ville d'Arbeil en Perſe, le typhon éleve tous les jours à midi, dans les mois de juin & de juillet, une grande quantité de pouſſiere, & dure environ une heure. Suppoſons dans cette contrée, un grand baſſin d'eau A: on y verra s'élever dans l'athmoſphere, au lieu d'un tourbillon de pouſſiere, un tourbillon d'eau & de corpuſcules mêlés avec cette eau. C'eſt le typhon que nous venons d'expliquer, & dont l'explication peut facilement s'adapter à une infinité de phénomenes en ce genre.

Les pluies merveilleuſes.

799. OBSERVATION. Les hiſtoires font quelquefois mention de pluies ſingulieres, qu'on eſt bien tenté de mettre au rang des fables ſurannées; par

exemple, de pluies de ſang, de pluies de lait, de pluies de cendres, de pluies de grenouilles, de ſauterelles, d'autres inſectes; de pluies d'argent, & autres ſemblables. Ces phénomenes ſurpaſſent-ils abſolument les forces de la nature? Et s'ils ſont rapportés par des hiſtoriens d'ailleurs dignes de foi, méritent-ils, à titre d'impoſſibilité & d'abſurdité, qu'on leur refuſe toute créance? Nous allons expliquer comment & en quel ſens ces phénomenes ſont poſſibles; comment & en quel ſens on peut les croire, quand ils ſont rapportés par des hiſtoriens graves & dignes de foi.

Pluie de grenouilles, de poiſſons, d'inſectes.

800. EXPLICATION. Un violent typhon peut élever juſqu'à la hauteur des nuages, les eaux d'un étang ou d'un marais; & avec ces eaux, les œufs des grenouilles, des petits poiſſons, de divers inſectes. (798.)

Qu'un violent coup de tonnerre, ou un vent impétueux, diſſipent & emportent au loin & le typhon & le nuage formé au-deſſus du typhon: la contrée où ce nuage ira tomber, eſſuiera une pluie de grenouilles, de petit poiſſons, de divers inſectes, par le moyen des œufs ou déja éclos dans le nuage, ou qui écloront bientôt après la chûte du nuage.

Pluie de ſauterelles.

801. EXPLICATION. On a vu en différents tems, en Egypte, en Pologne, en Allemagne, en Provence, des légions de ſauterelles, portées ſur l'aile des vents, venir tout-à-coup déſoler les

les campagnes par leur voracité, & les infecter par leur corruption.

Il eſt certain que ces inſectes, après avoir ravagé une contrée, preſſés par la faim, & allégés par la maigreur, prennent un vol aſſez élevé; & qu'à la faveur d'un vent violent, ils ſe tranſportent quelquefois d'une contrée en une autre, formant une eſpece d'eſſain. Qu'un tel eſſain ſoit abattu par une nuée qui ſe réſout en pluie: ce ſera une pluie de ſauterelles.

Pluie de ſang.

802. EXPLICATION. I°. Après une ſanglante bataille, où une vaſte campagne ſe trouve couverte de cadavres & inondée de ſang; un violent tourbillon, né par haſard, ou occaſionné par la fermentation & la corruption, peut abſolument élever ce ſang dans l'athmoſphere, comme il y éleve l'eau d'un étang (798). Ce ſang formera au-deſſus du tourbillon une nuée de ſang; & cette nuée venant à tomber au voiſinage, donnera une vraie pluie de ſang. Il eſt mention, dans l'hiſtoire Romaine, d'une pluie de ſang après la bataille de Cannes: ſi la choſe n'eſt pas réelle, elle eſt du moins abſolument poſſible.

II°. Que certaines mines, à la faveur de quelques feux ſouterreins, répandent dans l'athmoſphere, une grande quantité d'exhalaiſons de cinabre, de vermillon, d'autres matieres propres à donner à l'eau une couleur rouge. Ces exhalaiſons, à l'aide de quelque tourbillon ſemblable à ceux qui forment les typhons, iront teindre en rouge une nuée qui ſe réſout en pluie; & cette pluie, à raiſon de ſa couleur, ſera une apparente pluie de ſang.

Pluie de lait, d'argent, de cendres.

803. EXPLICATION. I°. Qu'une immenſe quantité d'exhalaiſons de céruſe, de chaux, & d'autres ſubſtances propres à donner à l'eau une couleur laiteuſe, s'échappent du ſein de certaines mines; & qu'elles s'élevent dans quelque typhon, juſqu'au ſein d'une nuée qui ſe réſout en pluie (798). Cette nuée donnera une pluie que le mêlange de cette ſubtile pouſſiere rendra blanche & laiteuſe; & qui, par ſa couleur, obtiendra le nom de pluie de lait.

II°. On rapporte que, ſous le regne d'Alexandre Severe, il tomba une pluie ſinguliere, qui blanchit & argenta des deniers de cuivre, leſquels conſerverent leur couleur d'argent pendant pluſieurs jours. Si le fait eſt réel, il eut vraiſemblablement pour cauſe quelque grande éruption d'exhalaiſons émanées du ſein de certaines ſubſtances propres à ſe combiner avec l'eau, à adhérer au cuivre, à y former une couche de couleur d'argent.

III°. L'éruption d'un volcan, l'embraſement d'une ville ou d'une forêt, élance dans les airs une immenſe quantité de cendres, qu'un vent impétueux peut tranſporter à une aſſez grande diſtance. Une pluie qui tombera avec un tel tourbillon, ſera nommée pluie de cendres.

PARAGRAPHE SECOND.

LES MÉTÉORES LUMINEUX.

L'ARC-EN-CIEL, le parélie, la paraſélene, les couronnes ſolaires, tels ſont les météores lumineux que nous allons faire connoître. Nous examinerons à la fin du paragraphe ſuivant, ſi l'aurore boréale eſt un météore igné, ou un météore ſimplement lumineux.

Nous devons avertir ici le lecteur, que la théorie des météores lumineux eſt une dépendance néceſſaire de preſque tout le traité de la Lumiere; & que nous ne plaçons ici prématurément, pour ainſi dire, cette théorie, que pour ne pas tronquer un traité auſſi intéreſſant que celui de la Météorologie. Ceux qui n'auroient pas encore des connoiſſances ſuffiſantes ſur la nature du fluide lumineux, ſur la diverſité de ſes couleurs, ſur l'inégale réfrangibilité de ſes molécules, ſur les loix de ſa réflexion & de ſa réfraction, ſur la maniere dont ſe fait la viſion des objets & des couleurs dans l'œil & hors de l'œil, doivent ne lire ce paragraphe qu'après s'être mis au fait de tout ce qui fait l'objet des trois premieres ſections du traité ſuivant. La place naturelle de ce paragraphe, eſt à la fin de la Dioptrique.

L'arc-en-ciel.

804. DESCRIPTION. L'*arc-en-ciel* eſt ce beau météore, en forme d'arc de différentes couleurs, que l'on voit ſi ſouvent dans l'athmoſphere dans

un tems pluvieux ; lorſqu'ayant le dos tourné au ſoleil dans un tems où cet aſtre eſt moins élevé que de 42 degrés ſur notre horiſon, on regarde une nuée qui ſe réſout en pluie fine, & qui ſe trouve expoſée aux rayons de cet aſtre. On apperçoit preſque toujours deux arcs à la fois, paralleles & concentriques, l'un intérieur, à couleurs plus éclatantes & plus vives ; l'autre extérieur, à couleurs plus foibles & plus délayées. (*fig.* 4.)

I°. Dans l'*arc intérieur* VKC, les couleurs ſont diviſées en couches concentriques, dans cet ordre : le rouge occupe la couche la plus haute ; le jaune & le verd, les couches du milieu ; le bleu, la couche la plus baſſe.

II°. Dans l'*arc extérieur* NXY, les couleurs ſont également diviſées en couches concentriques, mais dans un ordre totalement différent du précédent : le rouge occupe la couche la plus baſſe ; le verd & le jaune, les couches du milieu ; le bleu, la couche la plus haute.

La cauſe de ce phénomene, parfaitement inconnue à toute l'antiquité, n'a commencé à ſe dévoiler que depuis environ un ſiecle & demi. Antonio de Dominis, archevêque de Spalatro en Dalmatie, fut le premier qui expliqua ce miracle de la nature, par la réfraction de la lumiere dans les gouttes d'eau. Deſcartes s'appropria ſa théorie, en la rectifiant à certains égards. Newton acheva de la perfectionner, par ſes belles découvertes ſur les couleurs & ſur la réfrangibilité des rayons. Voici deux expériences, où l'on va imiter & faire entendre le méchaniſme phyſique qui produit les deux arcs lumineux avec les nuances différentes qui les caractériſent. (*fig.* 1.)

805. EXPÉRIENCE I. Soit A A une boule de verre, creuſe & fort mince, pleine d'eau limpide, ſuſpendue en l'air à une certaine hauteur qu'on puiſſe augmenter ou diminuer, & expoſée à un rayon du ſoleil qu'on reçoit par une petite ouverture S ménagée dans un volet de fenêtre dans une chambre inacceſſible d'ailleurs à la lumiere du jour. Il faut que l'obſervateur, ayant le dos tourné vers le ſoleil, ſe place vers R V entre la fenêtre & la boule; à telle diſtance & à telle hauteur, que les rayons qui reviennent de la boule à l'œil, puiſſent faire avec les rayons qui vont du ſoleil à la boule, tantôt des angles S F R plus petits que 42 degrés & 2 minutes, tantôt des angles M N V plus grands que 50 degrés & demi. (*fig.* 1.)

I°. Si l'angle S F R eſt de 42 degrés & 2 minutes, l'œil du ſpectateur placé en R, apperçoit un rouge fort vif dans la direction R *x r*: c'eſt le rouge de l'arc intérieur ou de l'arc principal.

II°. Si l'œil s'éleve davantage vers V, ou que la boule AA s'abaiſſe tout doucement, pour faire l'angle S F V de plus en plus petit, juſqu'à ce qu'il n'ait plus que 40 degrés 17 minutes; on apperçoit ſucceſſivement toutes les autres couleurs priſmatiques. L'œil en I, apperçoit le jaune dans la direction I *x i*, ſous le rouge: l'œil en V, apperçoit le violet confondu avec le bleu dans la direction V *x v*, ſous toutes les autres couleurs: c'eſt l'arc intérieur ou l'iris principale.

Si l'œil pouvoit embraſſer à la fois tous les rayons qui viennent de la boule AA, il verroit à la fois toutes ces couleurs différentes: il les voit à la fois dans l'arc-en-ciel; parce que ces

couleurs ſont réfractées à la fois par différentes boules infiniment plus petites & placées à différentes hauteurs.

806. EXPÉRIENCE II. Si on éleve la même boule juſqu'en BB, & que le rayon ſolaire M *s* tombe ſur la partie inférieure de la boule; le rayon ſolaire M *s* ſe réfracte de *s* en *d*; ſe réfléchit de *d* en *e*; ſe réfléchit encore de *e* en *g*; ſe réfracte enfin de *g* en V, I, R. (*fig.* 1.)

I°. L'œil placé en R, quand l'angle MNR eſt de 50 degrés 57 minutes, apperçoit le rouge dans la direction R *g r*: c'eſt le rouge de l'arc extérieur, rouge plus foible & plus pâle que celui de l'arc intérieur.

II°. L'œil placé en V, quand l'angle MNV eſt de 54 degrés 4 minutes, apperçoit le violet confondu avec le bleu, dans la direction V *g v*: c'eſt le bleu de l'arc extérieur, plus foible & plus délayé que celui de l'arc intérieur.

III°. L'œil placé ſucceſſivement entre V & R, apperçoit ſucceſſivement les autres couleurs priſmatiques, plus ou moins diſtinctes, & produites par des rayons qui ont ſouffert une plus ou moins grande réfraction. Il voit le jaune en *i*.

807. EXPLICATION. I°. La lumiere eſt compoſée de ſept rayons primitifs: ces rayons, hétérogenes dans leur nature, different les uns des autres en réfrangibilité (866). Le rayon rouge eſt le moins réfrangible: le rayon violet eſt le plus réfrangible. Donc, en paſſant de l'air dans la boule & de la boule dans l'air avec une même obliquité, ces différents rayons doivent eſſuyer chacun une réfraction proportionnée à leur différent degré de réfrangibilité; une réfraction qui les ſépare en claſſes rouges, vertes, jaunes, bleues, &c.

II°. Un faiſceau de lumiere ſolaire S *s* ou M *s*, eſt compoſé de rayons de toute eſpece, rouges, verts, jaunes, bleus, orangés, tous ſenſiblement paralleles: donc en tombant obliquement ſur la boule AA ou BB, ces rayons doivent ſe réfracter inégalement ſelon leur plus ou moins de réfrangibilité propre. Les rayons rouges, les moins réfrangibles de tous, iront ſe réunir ſeuls dans un point R : les rayons violets, les plus réfrangibles de tous, iront ſe réunir ſeuls dans un autre point V : les rayons jaunes & verts, plus réfrangibles que les premiers, moins réfrangibles que les derniers, iront ſe réunir ſéparément entre les premiers & les derniers en I.

III°. Dans la boule inférieure AA, une partie du rayon ſolaire S *s*, ſe réfléchit hors de la boule & dans l'air au point *s*; l'autre partie pénetre dans la boule en ſe réfractant vers la perpendiculaire *s* C, & prend la direction *s t*. Au point *t*, une partie du rayon réfracté *s t* s'échappe hors de la boule & paſſe dans l'air; l'autre partie ſe réfléchit dans la direction *t x*, en faiſant un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence ſur la ſurface *t* de la boule. Au point *x*, une partie du rayon réfléchi *t x* eſt réfléchie en dedans de la boule; l'autre partie paſſe de la boule dans l'air, & ſe réfracte en s'écartant de la perpendiculaire *xp*: cette portion du rayon *t x*, qui paſſe dans l'air, ſe rend en rayons inégalement réfractés, & par là même diviſés, aux points R, I, V.

De même, dans la boule ſupérieure BB, une partie du rayon ſolaire M *s* ſe réfléchit dans l'air en *s*; l'autre partie ſe réfracte en *s d*. Au point *d* une partie du rayon *s d* s'échappe hors de la boule dans l'air; l'autre partie eſt réfléchie par

la ſurface de la boule, de *d* en *e*. Au point *e*, une partie du rayon *d e* s'échappe encore hors de la boule & dans l'air; l'autre partie ſe réfléchit en *g*. Au point *g*, une partie du rayon *e g* ſe réfléchit & s'éparpille dans l'intérieur de la boule; l'autre partie paſſe de la boule dans l'air, & ſe réfracte vers VIR, en s'écartant de la perpendiculaire *gp*.

IV°. Les couleurs *v*, *i*, *r*, de la boule inférieure, ſont plus vives & plus éclatantes, que celles de la boule ſupérieure : parce que le rayon M *s* ſouffre plus de réflexions & une bien plus longue réfraction que le rayon *S s*: le premier eſſuie donc beaucoup plus de perte & de diminution que le dernier. La même choſe arrive aux gouttes pluvieuſes dans l'athmoſphere: l'air environnant fait pour les goutes globuleuſes, la fonction du verre dans les boules AA, BB.

808. APPLICATION. Il eſt facile de tirer de ces deux expériences, une explication très-plauſible de l'arc-en-ciel : il n'y a qu'à comparer les gouttes d'eau qui tombent d'une nuée expoſée aux rayons du ſoleil, aux deux boules AA & BB dont nous venons de parler.

Suppoſons donc (*fig.* 4.), que l'athmoſphere NXYZ ſoit remplie de gouttes de pluie ſenſiblement ſphériques; que le ſpectateur ſe trouve placé en O, le dos tourné au ſoleil; & que l'on tire du centre du ſoleil derriere le ſpectateur, une ligne droite GOF, qui paſſe par l'œil, & qui ſoit parallele aux rayons de lumiere AB, PM, DE, RS, qui tombent ſur les gouttes de pluie.

I°. Le rayon DE ſe réfracte en EK; ſe réfléchit de K en *n*; & après s'être diviſé en ſes couleurs primitives, ſa partie la moins réfrangible, ou l'eſpece rouge, eſt portée juſqu'à

l'œil en O, ſous un angle FO*n* de 42 degrés 2 minutes : l'œil voit la couleur rouge en K, comme dans la premiere expérience. Les autres couleurs plus réfrangibles & plus réfractées *n m* ſe portent au-deſſus de l'œil O, & ne l'affectent point.

Le rayon R S ſe réfracte en S T ; ſe réfléchit de T en Q ; & ſortant enſuite de la goutte, il ſe diviſe en ſes couleurs primitives, dont les plus réfrangibles ſe rendent en O ſous un angle FOQ de 40 degrés 17 minutes : l'œil voit la couleur violette un peu confondue avec la bleue, en Q, comme dans la premiere expérience. Les autres couleurs moins réfrangibles & moins réfractées Q *m*, ſe portent au-deſſous de l'œil & ne l'affectent point.

L'œil apperçoit déja par là, les deux couleurs extrêmes de l'arc intérieur ou de l'arc principal VKC. Des gouttes placées entre K & T feront voir à l'œil O, les autres couleurs intermédiaires de ce même arc intérieur.

II°. Le rayon P *t*, réfracté en *t v*, réfléchi en *v x*, réfléchi en *x* M, ſe diviſe en ſes couleurs différentes au point M ; & la moins réfrangible de ces couleurs, la rouge, va donner à l'œil O la ſenſation du rouge en M, ſous l'angle FOM de 50 degrés 57 minutes ; comme dans la ſeconde expérience. Les autres couleurs, plus réfrangibles & plus réfractées M *m*, ſe perdent au-deſſous de l'œil.

Le rayon A *r*, deux fois réfracté & deux fois réfléchi comme le précédent, ſe porte dans l'œil O par ſes molécules les plus réfrangibles, qui donnent la ſenſation du violet confondu avec le bleu en B, ſous l'angle F O B de 54 degrés 4 mi-

nutes; comme dans la ſeconde expérience. Les autres couleurs moins réfrangibles & moins réfractées B *m*, ſe portent au-deſſus de l'œil & ne l'affectent point.

Par ce méchaniſme, l'œil O apperçoit déja les deux couleurs extrêmes de l'arc ſupérieur. D'autres gouttes, placées entre la goutte B & la goutte M, feront voir & ſentir à l'œil, les autres couleurs intermédiaires de ce même arc.

III°. Les quatre gouttes B, M, E, S, dont nous venons de parler, ne peignent encore à l'œil O, que quatre points de l'arc-en-ciel. Pour concevoir tout d'un coup comment l'œil voit un arc entier de chaque couleur, ſuppoſons que les lignes OT, OK, OM, OB, qui tiennent à OF, tournent ou faſſent une révolution autour de OF comme autour de leur axe: elles décriront des ſurfaces coniques, dont les baſes NBY, VKC, ſeront circulaires; & dont l'axe commun eſt la ligne OF, menée du centre du ſoleil dans l'œil du ſpectateur, & prolongée indéfiniment au-delà de cet œil.

Comme la couleur rouge K de l'arc intérieur, par exemple, vient à l'œil de toute part ſous un angle de 42 degrés 2 minutes; l'œil O appercevra & rapportera la couleur en K, en V, en C: puiſque ces trois points font également un angle de 42 degrés 2 minutes, avec le rayon DE ou OF.

De même, comme la couleur bleue ou violette B de l'arc ſupérieur, vient à l'œil de toute part ſous un angle de 54 degrés 4 minutes; l'œil O appercevra & rapportera cette couleur bleue de l'arc extérieur en B, en Y, en N: puiſque ces trois points terminent également des angles de

54 degrés 4 minutes, formés par le rayon qui vient du ſoleil à la goutte, & de la goutte à l'œil; comme nous l'avons obſervé dans la ſeconde expérience. On peut & on doit dire la même choſe, des autres couleurs de l'arc intérieur & de l'arc extérieur.

809. REMARQUE I. Quoique toutes les gouttes de la nuée NXYZH, réfractent & réfléchiſſent également les rayons du ſoleil; l'œil O ne doit point voir une *aire* de cercle colorée, mais ſimplement un *arc* de cercle coloré.

La raiſon en eſt, que les couleurs réfractées ne ſortent des gouttes, que ſous un angle déterminé; par exemple, la couleur rouge de l'arc intérieur VKC, ne ſort de la goutte K, que ſous un angle FOK de 42 degrés 2 minutes: d'où il s'enſuit que la couleur rouge qui ſort d'une goutte en H ou en Z, ſous un angle de 42 degrés 2 minutes, ne peut pas ſe porter dans l'œil O. L'œil O ne peut donc pas voir en H ou en Z, dans l'aire du cercle, une couleur qui ne l'affecte pas; une couleur qui a ſa direction au-deſſous ou à côté de lui.

On peut dire la même choſe des autres couleurs, qui toutes, au ſortir de la goutte réfractante, ont leur direction ſous des angles déterminés qu'elles font avec le rayon direct AB, DE. Aucune de ces couleurs ne peut ſe porter, de H ou de Z, dans l'œil O: parce que l'angle de ſa direction au point H ou au point Z, la porte loin de l'œil placé en O.

810. REMARQUE II. On voit une plus grande ou une plus petite portion de l'arc-en-ciel, ſelon que le ſoleil eſt plus ou moins élevé ſur l'horiſon.

I°. Quand le ſoleil eſt dans l'horiſon, la ligne OF eſt horiſontale : on voit la partie la plus baſſe Q de l'arc intérieur ſous un angle FOQ de 40 degrés 17 minutes au-deſſus de l'horiſon : l'arc-en-ciel eſt une demi-circonférence.

II°. Quand le ſoleil eſt élevé de 20 degrés au-deſſus de l'horiſon, la ligne OF s'abaiſſe de 20 degrés au-deſſous de l'horiſon. On voit le point Q de l'arc-en-ciel de 20 degrés plus bas & plus près de l'horiſon qu'auparavant : l'œil apperçoit l'arc-en-ciel, non ſous la forme d'une demi-circonférence, mais ſous la forme d'un ſegment de circonférence.

III°. Quand le ſoleil eſt élevé de plus de 40 degrés au-deſſus de l'horiſon, la ligne OF s'abaiſſe de plus de 40 degrés au-deſſous de l'horiſon : le point Q de l'arc-en-ciel eſt ſous l'horiſon, & ceſſe de réfléchir le rayon dans l'œil placé dans l'horiſon : il n'y a plus d'arc-en-ciel viſible à l'œil.

IV°. Si, lorſque le ſoleil eſt dans l'horiſon, l'œil ſe trouvoit placé à 60 degrés au-deſſus de l'horiſon, il pourroit voir la circonférence entiere de l'arc-en-ciel : parce qu'alors la ligne OF pourroit décrire une ſurface conique dont la baſe VKCV, ou NXYN, ſeroit terminée de toute part dans la nuée pluvieuſe. Mais comme l'œil eſt ordinairement placé dans l'horiſon, il n'apperçoit qu'un arc plus ou moins grand de ces baſes coniques terminées dans la nuée réfractante.

V°. Quelquefois l'œil, au lieu d'un arc VKC, n'apperçoit que la moitié ou le quart, ou telle autre portion VK de cet arc : parce que la ſeule portion VK de la nuée réfractante ſe réſout

actuellement en gouttes pluvieuſes, éclairées par le ſoleil.

811. REMARQUE III. La largeur KQ de l'arc inférieur, XM de l'arc ſupérieur, eſt plus grande d'environ un demi-degré, que ne la donnent les limites connues de la réfrangibilité des rayons. Cet excès de largeur eſt occaſionné par la grandeur du diſque du ſoleil, lequel a environ un demi-degré de diametre. Les rayons qui partent de la partie ſupérieure & de la partie inférieure de ce diſque, doivent donc être écartés, après leur réfraction, d'environ un demi-degré de plus qu'ils ne le ſeroient, s'ils partoient tous du centre même de cet aſtre.

Newton a déterminé la largeur de l'iris intérieure KQ, de 2 degrés 15 minutes; la largeur de l'iris extérieure XM, de 3 degrés 40 minutes; la diſtance MK des deux iris, de 8 degrés 25 minutes.

812. REMARQUE IV. On peut imiter l'arc-en-ciel, d'une maniere aſſez ſimple. Par exemple, que l'on faſſe une aſſez grande fontaine de verre AB, hériſſée d'un grand nombre de petits tubes coniques, par où l'eau puiſſe s'écouler en fort petits filets qui ſe diviſeront dans l'air en gouttes pluvieuſes. (*fig.* 7.)

Cette fontaine étant expoſée aux rayons du ſoleil à une hauteur convenable; que l'on ſe place entre le ſoleil & la fontaine, & que l'on mette un drap noir derriere les gouttes jailliſſantes: on verra un arc-en-ciel parfait dans les gouttes de cette fontaine B M N.

813. REMARQUE V. L'arc-en-ciel ſe montre quelquefois pendant la nuit: il reſſemble en tout à celui dont nous venons de donner l'explica-

tion; ſi ce n'eſt que dans l'*arc-en-ciel nocturne*, les couleurs ſont incomparablement moins vives.

Ce phénomene eſt dû à la lumiere de la lune, qui pendant la nuit ſe réfracte & ſe réfléchit dans une nuée pluvieuſe, ſous les mêmes angles & par le même méchaniſme que la lumiere du ſoleil pendant le jour. Dans l'arc-en-ciel que nous venons d'expliquer, ſubſtituez par-tout la lumiere de la lune à celle du ſoleil; & l'explication du premier, devient celle du dernier.

Le parélie, la paraſélene (*).

814. DESCRIPTION I. Le *parélie* eſt une image du ſoleil peint dans une nuée. Ce phénomene eſt ſouvent accompagné d'anneaux ou de couronnes, aſſez ſemblables à l'arc-en-ciel. On a vu à la fois dans le ciel, en pluſieurs occaſions, deux, trois, quatre ſoleils, plus ou moins diſtants les uns des autres, & tels qu'on avoit peine à diſtinguer l'image de la réalité.

I°. *Le parélie peut abſolument être produit par réflexion :* ſavoir, lorſque les rayons ſolaires, tombant ſur une nuée pluvieuſe, fort denſe & fort noire, & convenablement expoſée au ſoleil, en ſont réfléchis comme par un miroir ou par un baſſin d'eau. Par exemple, (*fig.* 6.)

L'œil étant en B, le ſoleil S ſera vu en S par le rayon direct BRS; & en X, par le rayon

(*) ETYMOLOGIE. Parélie; de παρα, *propè*; & de ηλιος, *ſol*. Paraſélene; de παρα, *propè*, & de σελην, *luna*. Phénomene qui ſe montre auprès du ſoleil, auprès de la lune.

réfléchi S T B. L'image du ſoleil dans la nue T, eſt un parélie.

II°. *Le parélie eſt communément produit par réfraction :* ſavoir, lorſqu'une nuée convenable, réfractant les rayons du ſoleil, les porte à l'œil dans une direction différente de celle qu'ils ont en venant du ſoleil. Par exemple,

Le ſoleil S ſera vu en S par le rayon direct RS; & en Z, par le rayon réfracté SVB.

Comme ce phénomene a plus ſouvent lieu dans les zones glaciales, que dans les zones tempérées & torrides; pluſieurs phyſiciens, tels que Newton, Huyghens, Muſchembroëk, penſent que les vapeurs glacées dans une nuée ſituée entre le ſoleil & l'obſervateur, contribuent principalement à ſa formation.

815. DESCRIPTION II. La *paraſélene* eſt l'image de la lune peinte dans une nuée. On voit quelquefois pluſieurs lunes dans le ciel, comme on y voit pluſieurs ſoleils. Ce météore, produit par le même méchaniſme que le précédent, a pour cauſe la réflexion ou la réfraction des rayons lunaires dans une nuée convenable. (*fig.* 6.)

Couronnes ſolaires & lunaires.

816. DESCRIPTION. Le ſoleil & la lune ſe montrent aſſez ſouvent entourés d'anneaux ou de couronnes, de couleur tantôt rouge, tantôt bleue, tantôt jaune, & ainſi du reſte. Ce phénomene a pour cauſe certains amas de vapeurs, placées entre l'aſtre & le ſpectateur. Par exemple, (*fig.* 5.)

Soit à une hauteur de demi-lieue, ou d'une lieue, au-deſſus de la ſurface de la terre, une

grande couche circulaire de vapeurs très-déliées AB, dont une ligne droite SCR, menée du ſoleil à l'œil, enfile le centre.

I°. Les rayons SA, SB, en entrant dans la couche circulaire de vapeurs, ſe réfractent en s'approchant de la perpendiculaire AC & BC; & ſortent de la couche circulaire de vapeurs, en s'écartant de la perpendiculaire *mp*. Les couleurs de ces rayons ſeront vues en *a* & en *b*, où elles formeront une eſpece de circonférence ou d'anneau autour du ſoleil ou de la lune S.

II°. Si la couche de vapeurs AB écarte loin de l'œil R, tous les rayons réfractés & diviſés en leurs couleurs priſmatiques, excepté les rouges; le cercle ou l'anneau AB, ou *ab*, paroîtra rouge: il paroîtroit bleu, ſi les ſeuls rayons bleus, après la réfraction qui les diviſe, parvenoient dans l'œil R.

III°. Si le nuage AB, au lieu d'être une circonférence, étoit un cercle ou une ſphere, & tel qu'il interceptât ou abſorbât tous les rayons du ſoleil ou de la lune, excepté les jaunes; le diſque de la lune ou du ſoleil paroîtroit tout jaune.

IV°. Les nuages colorés en rouge, en jaune, en bleu, doivent leurs couleurs priſmatiques aux réfractions qu'eſſuie la lumiere en les pénétrant. Si les rayons les plus réfrangibles & les plus réfractés parviennent ſeuls juſqu'à l'œil, le nuage eſt violet. Si les rayons les moins réfrangibles & les moins réfractés ſe rendent ſeuls dans l'œil, tandis que les autres paſſent, ou au-deſſus, ou au-deſſous, ou à côté de l'œil, le nuage eſt rouge. C'eſt encore ici la même théorie que nous avons donnée en parlant de l'arc-en-ciel.

PARAGRAPHE

PARAGRAPHE TROISIEME.

LES MÉTÉORES IGNÉS.

817. OBSERVATION. ON voit ſouvent dans l'athmoſphere, des matieres qui s'enflamment avec plus ou moins de véhémence, & ſous mille formes différentes. Les anciens naturaliſtes, qui s'occupoient plus de nomenclature que de phyſique, leur ont donné différents noms, plus relatifs à leur figure qu'à leur nature. Delà les noms de *poutre*, de *fleche*, de *tonneau*, de *globe de feu*, de *chevre danſante*, de *feu follet*, d'*étoiles tombantes*. Ces météores doivent leur origine à des exhalaiſons ſulfureuſes, nitreuſes, huileuſes, bitumineuſes, phoſphoriques, & autres ſemblables; qui échappées du ſein des trois regnes de la terre, s'élevent à différentes hauteurs dans l'athmoſphere, s'y amaſſent, s'y combinent, y fermentent, s'y enflamment, s'y diſſipent. Les différences de figure, de hauteur, de grandeur, d'éclat, ſont dues ou à la différente qualité & quantité de la matiere inflammable, qui à raiſon des différents principes d'où elle émane, peut varier à l'infini, & dans ſa nature, & dans ſa maſſe; ou à la différente qualité & denſité de l'athmoſphere, qui à raiſon de la condenſation & de la dilatation, de l'agitation ou du calme, peut occaſionner des variétés infinies aux matieres hétérogenes parſemées dans ſon ſein, & répandues à différentes hauteurs dans ſes couches inégalement denſes & peſantes.

I°. La chymie nous apprend que deux ſubſ-

tances, qui ſéparées ſont paiſibles & tranquilles, font efferveſcence & s'enflamment *par le mêlange* de l'une avec l'autre. Pourquoi la rencontre fortuite de certaines ſubſtances fermenteſcibles dans l'athmoſphere, ne pourroit-elle pas occaſionner leur inflammation?

II°. L'expérience nous apprend que certaines matieres s'échauffent & s'enflamment en mille circonſtances, *par le ſimple frottement* de l'une contre l'autre. Pourquoi des exhalaiſons inflammables ne pourroient-elles pas devoir leur fortuite inflammation, au choc des nuées, à l'impulſion des vents, qui les font heurter avec violence les unes contre les autres?

III°. De cettte double cauſe peut naître évidemment l'inflammation des différentes exhalaiſons répandues dans l'athmoſphere; inflammation qui peut varier à l'infini dans ſes apparences, à raiſon de la différente nature, de la différente poſition, de la différente quantité des exhalaiſons inflammables.

Delà les *feux follets*, que l'on peut conſidérer comme de petites couches ou de petites traînées de matieres bitumineuſes ou phoſphoriques; qui placées les unes à côté des autres, s'enflamment ſucceſſivement, ou par leur mêlange, ou par leur frottement.

Delà les *globes de feu*, les *poutres* ou *les fleches ignées*, les *étoiles tombantes*, & mille autres ſemblables météores ignés, qui ne ſont autre choſe que des exhalaiſons enflammées dans la très-baſſe région de l'air, & qui ſe montrent ſous différentes formes, à raiſon de leur poſition, de leur denſité, de leur étendue, de leur inflammabilité, tantôt fermentant & s'enflammant pai-

ſiblement au ſein des couches aériennes où elles ſe trouvent éparpillées ; tantôt coulant ou ſerpentant en ruiſſeau de feu dans l'athmoſphere, à meſure que l'inflammation les précipite les unes ſur les autres, ou les écarte & les diſſipe en différents ſens. Le *tonnerre* eſt auſſi un météore igné ; mais il mérite une explication à part.

L'éclair, la foudre, le tonnerre.

818. OBSERVATION. Le plus effrayant des météores eſt auſſi le moins connu. Si la connoiſſance des plus ſimples phénomenes de la nature demande tant d'attention & de ſagacité ; comment ſaiſir & connoître un phénomene également terrible & compliqué, qui ſe forme, produit ſes ravages, & s'évanouit dans un même clin d'œil ; qui conſume tout ce qu'il atteint, bouleverſe tout ce qu'il avoiſine, & ne laiſſe d'autre monument de ſa fatale exiſtence, que le déſaſtre dans la nature, & l'épouvante dans les eſprits ?

On nomme *éclair*, cette lumiere vive & ſubite qui s'élance d'un nuage enflammé & entr'ouvert : on nomme *foudre*, ce torrent de matiere embraſée, ce ruiſſeau de feu, qui renverſe les édifices les plus ſolides, qui conſume ou qui fond les corps les plus durs, qui étouffe ou calcine les êtres vivants expoſés à ſa chûte : on nomme *tonnerre*, ce bruit terrible qui accompagne l'ignition & l'exploſion de cette matiere fulminante. Ces trois phénomenes, auxquels on donne le nom général de *Tonnerre*, ſemblent n'avoir qu'une ſeule & même cauſe : mais quelle eſt cette cauſe ? La phyſique n'a pu encore donner que des conjectures ſur cet objet : nous allons rapporter les

deux ſyſtêmes qui partagent le monde philoſophe. L'un, plus moderne, fait conſiſter ce terrible météore, dans l'action de la matiere électrique : l'autre, plus ancien, lui donne pour cauſe, l'inflammation & l'exploſion des différentes exhalaiſons qui s'élevent de la terre dans l'athmoſphere.

819. SYSTÊME I. Les découvertes qu'on a faites depuis un ſiecle ſur l'électricité, ont fait appercevoir tant d'analogie entre la matiere électrique & la matiere fulminante, que la plupart des phyſiciens regardent aujourd'hui la formation & l'action du tonnerre, comme une dépendance de la vertu électrique. L'univerſalité de la matiere électrique, la promptitude de ſon action, ſon inflammabilité & ſon activité à enflammer d'autres matieres, la propriété qu'elle a de frapper les corps intérieurement & extérieurement juſque dans leurs moindres parties ; tout cela ne ſemble-t-il pas annoncer qu'elle eſt la cauſe des étonnants phénomenes du tonnerre ; & que le tonnerre eſt entre les mains de la Nature, ce que l'électricité eſt entre les nôtres ? Ce nouveau ſyſtême nous paroît infiniment plus ſatisfaiſant que l'ancien ; & nous en donnerons une aſſez ample explication dans la théorie de l'électricité (1098). Cependant, comme il n'eſt pas démontré que l'ancien ſyſtême ſoit faux, nous allons en donner une ſuccinte notion.

820. SYSTÊME II. Selon les anciens phyſiciens, le tonnerre (en comprenant ſous ce nom toutes les parties de ce météore, l'éclair, la foudre, & le bruit) a pour cauſe les exhalaiſons ſulfureuſes, nitreuſes, bitumineuſes, qui exaltées & accumulées dans la baſſe région de l'air, y fermentent &

s'y enflamment, delà l'*éclair ;* entr'ouvrent le ſein des nuées avec une violente exploſion, delà le bruit ou le *tonnerre ;* ſerpentent ou ſe précipitent en globe ou en torrent de feu avec une inconcevable vîteſſe, delà la *foudre.* Dans ce ſyſtême,

I°. Il y a des éclairs ſans foudre & ſans tonnerre ſonore : ſavoir, quand la matiere fulminante, éparpillée & peu condenſée dans l'athmoſphere, s'enflamme librement ſans réſiſtance ; ſemblable à des traînées de poudre qui prennent feu librement en plein air.

II°. Il y a foudre & tonnerre ſans éclair ; ſavoir, quand la matiere fulminante, fermentée & condenſée au ſein d'une nuée, s'enflamme avec une violente exploſion ; & qu'un épais nuage empêche la lumiere, en laquelle conſiſte l'éclair, de parvenir juſqu'à l'œil.

III°. La foudre conſume quelquefois les parties extérieures d'un corps, ſans cauſer aucun dommage aux parties intérieures : par exemple, elle réduit en cendres une bourſe, ſans endommager l'or ou l'argent qu'elle contient ; elle brûle les habits, ſans altérer le corps de la perſonne qui en eſt revêtue. Cela arrive, dit-on, parce que l'exhalaiſon, très-raréfiée, a aſſez de force pour pénétrer & pour diviſer des corps fort poreux & peu réſiſtants ; & trop peu, pour pénétrer & pour diviſer des corps beaucoup plus compactes & plus réſiſtants.

IV°. La foudre, dit-on encore, conſume quelquefois les parties intérieures d'un corps, ſans faire aucun mal aux parties extérieures : par exemple, elle deſſeche & calcine l'intérieur d'un fruit, ſans laiſſer aucun ſigne de léſion dans la

peau ou dans l'écorce ; elle réduit en cendres toutes les parties intérieures du corps humain, ſans altérer les habits & la peau ; elle fond une épée, ſans nuire au fourreau ; l'or contenu dans une bourſe, ſans brûler la bourſe. Cela arrive, dit-on, parce que l'exhalaiſon, très-ſubtile & très-violente, paſſant avec une infinie vîteſſe à travers les pores plus nombreux & plus ouverts des parties extérieures, n'a pas le tems de les endommager ; au lieu que les parties intérieures, plus denſes & plus compactes, lui oppoſent plus de réſiſtance, ſont plus long-tems expoſées à ſon action, lui donnent le moyen d'employer toute ſon activité à les diviſer, à les décompoſer, à les calciner.

V°. On tâche d'appuyer cette explication, par la théorie de la poudre fulminante & de la poudre à canon, qui ſont, dit-on, des images ou des imitations ſenſibles du tonnerre : nous allons en donner une exacte notion, pour mettre le lecteur en état d'évaluer par lui-même, l'analogie qu'il peut y avoir entre ces deux phénomenes, & le phénomene du tonnerre.

Poudre fulminante.

821. EXPÉRIENCE. Il faut bien broyer & bien mêler enſemble, trois gros de ſalpêtre fin & bien ſéché, deux gros de ſel de tartre, & deux gros de fleur de ſoufre : le tout ſera mis dans une grande cueillere de fer, que l'on poſera ſur des charbons médiocrement allumés.

A meſure que ce mêlange s'échauffe, on le voit ſe rouſſir & enſuite ſe noircir par les bords : il devient liquide ; il fume un peu ; ſa ſuperficie

paroît couverte de petites flammes bleuâtres ; & un inſtant après, il ſe diſſipe ſubitement avec un bruit effroyable, aſſez ſemblable à un coup de canon.

EXPLICATION. Ces trois principes, le ſalpêtre, le ſel de tartre, la fleur de ſoufre, mêlés & combinés enſemble, contribuent conjointement à la production des effets qu'on vient d'obſerver.

I°. Les changements de couleurs, la vapeur, la petite fumée bleuâtre, viennent principalement du ſoufre ; qui ſe fond plus promptement, & qui brûle plus aiſément, que le ſalpêtre & le ſel de tartre.

II°. Le ſoufre fondu le premier, aide & accélere la fuſion des deux autres principes ; qui plus fixes ou moins volatils, empêchent en grande partie ſa diſſipation, le retiennent & ſe combinent avec lui.

III°. La matiere ignée, qui s'accumule ſucceſſivement dans ce mêlange, & qui acquiert d'autant plus de force expanſive, que ſon action eſt plus long-tems continuée, & ſon exploſion plus long-tems retardée, arrive enfin à un degré d'activité où elle enflamme & diſſipe ſubitement, avec une horrible violence, ces trois principes à la fois, intimément mêlés & combinés enſemble.

IV°. La maſſe d'air environnant, ſubitement frappée & agitée par un grand volume de flamme & de vapeur infiniment rapide, retentit à proportion de la ſecouſſe qu'elle reçoit, & du frémiſſement qui eſt imprimé à ſes molécules. (753.)

822. REMARQUE. L'or & le fer deviennent

auſſi *fulminants*, lorſqu'ayant été diſſous par l'eau régale, & précipités par une forte leſſive de ſel de tartre ou de tel autre alkali volatil, on les expoſe au feu dans une cueillere de fer ou ſimplement ſur une lame de couteau. Mais il eſt bon d'obſerver que quand on fait l'expérience de la poudre fulminante ou de l'or fulminant, il faut ſe tenir un peu à l'écart : parce que la vapeur enflammée, ou la matiere en grumeaux, pourroient jaillir au viſage ou dans les yeux de l'obſervateur, & le bleſſer dangereuſement.

Poudre à canon.

823. EXPÉRIENCE. Soient 75 parties de nitre purifié, 15 parties & demie de charbon d'un bois léger, 9 parties & demie de ſoufre bien pur. Que l'on pile ce mêlange dans un mortier de bois, avec un pilon de même matiere, pendant douze heures de ſuite, ayant ſoin de l'humecter de tems en tems avec un peu d'eau : il en réſultera une pâte, qui par le moyen de certains cribles à travers leſquels on la fait paſſer, & de certaines manipulations qui la diviſent au ſortir de ces cribles, ſe réduit en grains, plus gros pour l'uſage du canon, plus petits pour l'uſage de la chaſſe : c'eſt la *poudre*, dont l'invention eſt due au quatorzieme ſiecle, ſans qu'on en connoiſſe l'auteur.

EXPLICATION. Il conſte par les expériences chymiques, que le nitre ou le ſalpêtre eſt un principe qui contient beaucoup de phogiſtique, ou qui a une très-grande affinité avec le phlogiſtique, avec lequel il ſe mêle & ſe combine facilement.

I°. Il y a deux moyens d'enflammer le nitre, ou plutôt ſon acide qui eſt principalement ſa partie inflammable : le premier, c'eſt de l'appliquer à un corps combuſtible rouge & pénétré de feu ; par exemple, à un charbon ardent : le *ſecond*, c'eſt de le mettre lui-même en incandeſcence, & de lui appliquer un corps combuſtible ; par exemple, un charbon éteint. On ne connoît que ces deux voies, pour procurer la *détonnation* du nitre ; phénomene qui conſiſte en ce que l'acide nitreux s'enflamme & ſe décompoſe en un inſtant, lorſqu'il a un contact immédiat avec des corps dont le phlogiſtique eſt dans le mouvement igné, ou lorſqu'il eſt lui-même dans le mouvement igné.

II°. Dans le mêlange intime du nitre avec le ſoufre & le charbon, les particules très-diviſées & très-atténuées du nitre & du ſoufre, acquierent le contact le plus immédiat, l'union la plus intime, qu'il ſoit poſſible de leur procurer. Le phlogiſtique du ſoufre s'unit intimément au ſalpêtre dans les mortiers & ſous les pilons ; & ce phlogiſtique, quand le mêlange eſt diviſé & ſéché, ſe trouve dans l'état le plus propre à l'ignition.

III°. Une étincelle vient-elle à tomber ſur ce mêlange ? La partie inflammable du ſoufre prend feu tout à coup : l'acide nitreux eſt dans le ſecond cas dont nous venons de parler ; c'eſt-à-dire, dans l'état d'ignition, & appliqué à un corps combuſtible, ſavoir, au charbon.

IV°. Les lumieres de l'eſprit humain ne peuvent guere aller plus avant dans la théorie du phénomene de la détonnation. On peut ſimplement conjecturer que l'immenſe dilatation de l'air

contenu dans les grains de poudre, que la vapeur occaſionnée par l'inflammation des trois ſubſtances mêlangées, contribuent conjointement avec la matiere ignée, à donner à la poudre enflammée cette force immenſe qui caractériſe ſa ſubite exploſion ; ſans qu'on puiſſe rendre une raiſon ſenſible & ſatisfaiſante de cette ineffable méchaniſme & de ſes dépendances.

824. APPLICATION. Ceux qui expliquent les phénomenes du tonnerre, par la ſimple inflammation des exhalaiſons de l'athmoſphere, tranſportent dans les nues, l'artifice & le méchaniſme de la poudre fulminante & de la poudre à canon. Dans cette hypotheſe,

I°. Si des exhalaiſons de ſoufre, de ſalpêtre, de ſel de tartre, & autres ſemblables, ſe mêlent & fermentent dans les nuées ; elles doivent, en s'enflammant, y produire des effets aſſez ſemblables à ceux de la poudre fulminante & de la poudre à canon : delà l'éclair, la foudre, le tonnerre.

II°. Si des exhalaiſons ſimplement ſulfureuſes, très-volatiles & très-inflammables, prennent feu dans la nuée, ſans être mêlées à d'autres exhalaiſons plus fixes & capables de ſuſpendre pour un tems leur ignition & leur exploſion ; on aura un ſimple éclair, ou une inflammation ſans ruiſſeau de matiere fulminante, & le plus ſouvent ſans éclat ou ſans tonnerre.

III°. Quand l'exhalaiſon fulminante, ſubitement enflammée, s'échappe tout à coup du ſein de la nuée entr'ouverte, par une ſeule ouverture ; c'eſt un ſeul coup de tonnerre, mais qui peut être répété pluſieurs fois par la réflexion des nuées ou des montagnes, qui forment quelque-

fois comme autant d'échos. Quand l'exhalaiſon fulminante entr'ouvre ſucceſſivement & en pluſieurs endroits différents la nuée ; elle éclate en tout autant de coups de tonnerre, que la nuée eſſuie de crevaſſes.

IV°. Une même nuée produit pluſieurs fois l'éclair, la foudre, le tonnerre : parce qu'elle contient dans ſon ſein différents tas de matieres inflammables, qui fermentent les uns indépendamment des autres, & qui arrivent ſucceſſivement & ſéparément au point de fermentation qui doit produire leur exploſion.

V°. Si l'exhalaiſon fulminante, ou la traînée de matiere inflammable, s'éleve de la terre vers la nue, & qu'elle commence à prendre feu dans la partie ſupérieure ; on verra la foudre tomber comme en ruiſſeau ſerpentant, de la nue vers la terre. Si au contraire la couche ou traînée inflammable s'allume d'abord dans la partie inférieure, on verra la foudre s'élancer de la terre vers la nue ; comme l'ont vue en effet en Italie, MM. Maſſé & Léoni.

VI°. Il y a quelquefois des éclairs & du tonnerre dans un tems parfaitement ſerein ; ſavoir, lorſqu'il y a très-peu de vapeurs, & beaucoup d'exhalaiſons inflammables, dans une portion de l'athmoſphere près de la ſurface de la terre. Ces exhalaiſons, diſent les partiſans de l'hypotheſe que nous développons ſans l'adopter, peuvent fermenter & s'enflammer dans l'athmoſphere, ſans le ſecours des vapeurs ; & y produire tous les effets, qui en réſultent dans une nuée formée principalement par les vapeurs.

L'aurore boréale.

825. DESCRIPTION. L'*aurore boréale* eſt une eſpece de nuée tranſparente & lumineuſe, qui paroît de tems en tems du côté du nord, où elle répand au milieu des ombres de la nuit, une clarté plus vive, plus variée, plus intéreſſante, que celle que nous donne l'aurore même dont elle a pris le nom. On croit quelquefois qu'un incendie général embraſe à la fois toutes les régions ſituées entre le cercle polaire & le pole ſeptentrional; & que la flamme & la fumée de cet incendie, en éclairant tout le nord, s'élevent à une immenſe hauteur dans l'athmoſphere. (*fig.* 3.)

L'aurore boréale MDNC ne ſe montre pas toujours de la même maniere, & n'a pas toujours la même figure & la même grandeur. Elle a le plus communément la forme d'un ſegment de cercle, qui offre à la vue des variétés infinies, tantôt diviſée en arcs concentriques de différente couleur; tantôt rayée de bandes lumineuſes, verticales & paralleles: ici dardant des tourbillons d'un feu plus ou moins vif, plus ou moins pâle; là vomiſſant des torrents ondoyants d'une fumée plus ou moins ſombre, plus ou moins denſe: quelquefois ſuſpendue entre le ciel & la terre; plus ſouvent appuyée par les deux extrêmités de ſon arc MN ſur la terre, comme ſur ſa baſe: un jour, fixe & immobile en un même lieu; le lendemain, errante & mobile, de l'orient vers le couchant, ou du couchant vers l'orient: tantôt ſtable & invariable dans les couleurs qu'elle étale; tantôt changeant & métamorphoſant ſans

ceſſe ſes couleurs, le pâle en éclatant, le pourpre en violet, le vert en orangé, & ainſi du reſte.

Ce ſpectacle MDNC n'eſt pas borné à la durée de quelques moments : il ſe montre & il ſe renouvelle quelquefois pendant pluſieurs nuits de ſuite & pendant des mois entiers. La nuée lumineuſe s'étend quelquefois juſqu'à 80 ou 100 degrés dans la ligne horiſontale, d'occident en orient ; & s'éleve dans l'athmoſphere DC, vers le zénith, juſqu'à 30 ou 40 degrés au-deſſus de l'horiſon. Elle eſt communément beaucoup moindre ; rarement plus grande, ou même auſſi grande.

Ce n'eſt guere que depuis l'année 1716, qu'on a commencé à obſerver avec ſoin les aurores boréales, phénomenes à peine connus aux anciens phyſiciens. Une longue ſuite d'obſervations, rapprochées & comparées entre elles, pourra peut-être un jour répandre plus de lumiere ſur ce météore ſingulier, dont la cauſe & l'origine ſont encore enveloppées d'épaiſſes ténebres. Nous allons expoſer & examiner les différents ſyſtêmes qu'on a imaginés ſur cet objet : mais il eſt à propos de donner auparavant une idée de la hauteur de ce météore dans l'athmoſphere. (*fig.* 3.)

826. REMARQUE. La même aurore boréale CD, formée en Norvege ou en Laponie, peut être obſervée à la fois & au même inſtant par deux obſervateurs dont l'un ſe trouvera à Paris A, & l'autre à Rome B : l'un en voit le ſommet C dans un point *a* du ciel ; l'autre en voit le même ſommet C dans un autre point *b* du ciel : l'angle parallactique *a* C *b* eſt égal à l'angle oppoſé au ſommet ACB. On connoîtra donc tout

ce triangle ACB, en connoiſſant la baſe AB & les trois angles que l'on meſure ou que l'on évalue par des méthodes géométriques. Par exemple,

I°. En meſurant l'arc intercepté entre le zénith de Paris A & le zénith de Rome B, on connoîtra l'arc terreſtre ADB intercepté entre Paris & Rome (1366). En connoiſſant l'arc terreſtre ADB, on connoîtra ſa corde AB, qui eſt deux fois le ſinus de la moitié de cet arc (*Math.* 639). En connoiſſant la corde AB, on connoîtra l'angle qu'elle forme ſur la tangente au point A de l'arc ADB : puiſque cet angle DAB, formé par la corde AB, & par la tangente au point A, eſt un angle du ſegment, qui a pour meſure la moitié de l'arc connu ADB (*Math.* 376). Après quoi ſi on dirige le plan d'un graphometre ou d'un quart de cercle (*Math.* 420), en telle ſorte qu'une alidade aboutiſſe au point C, tandis que l'autre alidade, parallele à la ligne AB, fait ſous la tangente un angle égal à l'angle trouvé du ſegment en A ; on aura ſur cet inſtrument, la valeur de l'angle CAB. Ainſi dans le triangle ACBA, on connoîtra l'angle C, l'angle A, & la baſe AB : on connoîtra par conſéquent dans ce triangle le côté AC & le côté BC, qui repréſente l'éloignement de la nuée lumineuſe. (*Math.* 702.)

II°. On trouvera auſſi la hauteur de la nuée lumineuſe ou de l'aurore boréale CD au-deſſus de l'horiſon, en cette maniere. Connoiſſant le côté CA qu'on vient de trouver, on meſurera l'angle ACD au-deſſus de la ligne horiſontale ; après quoi on abaiſſera par la penſée une perpendiculaire ſur la ligne horiſontale indéfiniment prolongée ſous le point C. Et alors on aura un nouveau triangle, qui ſera rectangle ſous le

point C; & dont on connoîtra l'angle droit, l'angle A, & le côté AC qu'on prendra pour baſe. Par conſéquent on trouvera le côté CD, qui eſt la hauteur de la nuée lumineuſe au-deſſus de l'horiſon.

Mais il faut ici faire attention que le point le plus bas de la nuée lumineuſe, point que nous ſuppoſerons placé dans l'horiſon même du point A, eſt de beaucoup élevé au-deſſus de la ſurface de la contrée où brille l'aurore boréale. On pourra trouver de combien le point D placé au loin dans l'horiſon de Paris ou de Rome, eſt élevé au-deſſus de la ſurface terreſtre ſenſiblement ſphérique, par la théorie des tangentes & des ſécantes. (*Math.* 534, 734.)

III°. On peut auſſi meſurer à peu près du point A ou du point B, & l'éloignement & la hauteur de la nuée lumineuſe CD, comme on meſure l'éloignement & la hauteur d'un nuage ordinaire (*Math.* 425); en faiſant attention que le point le plus bas D de la nuée lumineuſe, que nous ſuppoſerons vu dans l'horiſon du point A ou B, eſt déja très-notablement élevé au-deſſus de la ſurface terreſtre dans la contrée très-éloignée où ſe trouve l'aurore boréale.

IV°. C'eſt par de ſemblables méthodes qu'on a trouvé que les aurores boréales s'élevent à une très-grande hauteur dans l'athmoſphere; à une hauteur qui ſurpaſſe de beaucoup celle où s'élevent tous les autres météores quelconques. Mais il n'eſt pas facile de déterminer avec préciſion, cette hauteur CD: parce qu'il peut ſe faire fort aiſément que l'obſervateur A à Paris, & l'obſervateur B à Rome, en dirigeant leurs inſtruments aſtronomiques vers le ſommet C de

l'arc qu'ils obſervent dans la nuée lumineuſe, prennent deux arcs différents pour un ſeul & même arc. Dans une nuée immenſe, l'arc C que l'on obſerve à Paris, peut être un tout autre arc, un arc plus ou moins élevé, plus ou moins éloigné, que celui qui ſe montre à Rome: comme dans un arc-en-ciel (*fig.* 4), l'arc X que l'on voit du point O, à 200 toiſes de la nuée pluvieuſe, n'eſt pas le même arc que l'on verroit du point F, à 100 toiſes de la même nuée.

C'eſt delà vraiſemblablement que réſulte la différence de hauteur que donnent les naturaliſtes aux aurores boréales. M. de Mairan prétend que l'extrêmité ſupérieure C de ce météore, eſt quelquefois à quatre ou cinq cens lieues au-deſſus de la ſurface de la terre. D'autres obſervateurs rabattent beaucoup de cette élévation. Mais tous s'accordent unanimement à reconnoître que l'aurore boréale DCMN, s'eleve comme immenſément au-deſſus des nuages, au-deſſus de tous les autres météores; & qu'elle a quelquefois au moins douze ou quinze lieues de hauteur au-deſſus de la ſurface terreſtre: ce dernier réſultat nous paroît plus vraiſemblable que le premier.

827. SYSTÊME I. Quelques phyſiciens ont penſé que l'aurore boréale devoit ſa formation & ſon origine, à des exhalaiſons nitreuſes, bitumineuſes, ſulfureuſes, ainſi que la foudre & le reſte des météores ignés.

RÉFUTATION. Cette idée n'eſt nullement admiſſible, pour deux raiſons principales que nous ne ferons qu'indiquer, & qui détruiſent de fond en comble cette ruineuſe hypotheſe.

I°. Si l'aurore boréale devoit ſon origine à des

des exhalaiſons ſemblables à celles qui produiſent les météores ignés; il eſt clair que ce phénomene devroit avoir lieu dans les plages méridionales, au moins autant que dans les plages ſeptentrionales : puiſque les régions du midi ſont de beaucoup plus fécondes que celles du nord en de telles exhalaiſons. Or il conſte par les obſervations, que ce météore n'a guere lieu dans les régions méridionales, & qu'il ſe montre aſſez fréquemment dans les régions ſeptentrionales, toujours placé vers le pole arctique avec un peu plus ou un peu moins de déclinaiſon, tantôt vers l'orient, tantôt vers le couchant.

II°. Si l'aurore boréale devoit ſon origine aux exhalaiſons qui forment les différents météores ignés dont nous avons parlé; elle ne devroit pas s'élever à une hauteur conſidérablement plus grande dans l'athmoſphere, que les autres météores de cette eſpece. Or il conſte par les obſervations, que les météores ignés ne s'élevent preſque jamais à la hauteur d'une lieue, rarement à la hauteur de demi-lieue, au-deſſus de la ſurface terreſtre; & que l'aurore boréale s'éleve ſouvent au-deſſus de cette ſurface, à la hauteur au moins de dix, ou douze, ou quinze lieues.

L'aurore boréale s'annonce par des ſignes & par des effets, tout différents des ſignes & des effets qui caractériſent les météores ignés dont nous avons fait mention: donc l'aurore boréale a une nature & une cauſe différentes.

828. SYSTÊME II. Quelques autres phyſiciens ont prétendu à l'aventure, que l'aurore boréale avoit une origine aſſez ſemblable à celle des météores lumineux, tels que l'arc-en-ciel & les couronnes ſolaires : que ce météore avoit pour

cauſe la réflexion & la réfraction des rayons du ſoleil, dans les neiges & dans les nuées glacées du nord.

RÉFUTATION. Cette opinion, ruineuſe à toute ſorte d'égards, ne mérite guere qu'on s'arrête à la réfuter.

I°. Les tourbillons de flamme & de fumée, qu'on apperçoit ſi ſouvent dans l'aurore boréale, démontrent ſenſiblement qu'il y a une inflammation intrinſeque dans les matieres qui produiſent ce météore: il eſt donc abſurde de le mettre au rang des météores ſimplement lumineux, dont la nature exclud une ſemblable inflammation.

II°. L'aurore boréale ſe montre quelquefois dans le nord pendant les grandes chaleurs de l'été; c'eſt-à-dire, dans un tems où il n'y a guere plus de neiges & de nuées glacées dans le nord, que vers le midi.

III°. Les météores lumineux ne s'élevent jamais au-delà d'une ou deux lieues; rarement ſont-ils même à la hauteur d'une demi-lieue ou d'un quart de lieue, au-deſſus de la ſurface de la terre (790): on ne peut donc les appercevoir dans l'athmoſphere, quand on en eſt conſidérablement éloigné; parce qu'alors, ou ils s'évanouiſſent dans l'éloignement, ou ils ſe cachent & ſe perdent ſous l'horiſon. L'aurore boréale au contraire s'éleve à une très-grande hauteur au-deſſus de la terre; & on l'obſerve quelquefois à une aſſez grande hauteur dans l'athmoſphere, quoiqu'on en ſoit éloigné de deux ou trois cents lieues & plus. L'aurore boréale n'eſt donc point de même nature, que les météores ſimplement lumineux.

828. SYSTÊME III. Le célebre de Mairan

donne à l'aurore boréale une plus ſublime origine. Selon cet auteur, le ſoleil, ainſi que la terre, eſt entouré d'une athmoſphere : cette athmoſphere ſolaire eſt diviſée en cônes, dont la baſe eſt appuyée ſur le ſoleil, & dont la pointe s'étend autour de cet aſtre à plus de trente millions de lieues. La terre, en roulant dans l'écliptique, rencontre de tems en tems l'extrêmité de quelqu'un de ces cônes répandus autour du ſoleil ; & par ſa force attractive, en détache des portions plus ou moins conſidérables. Ces portions détachées de l'athmoſphere ſolaire, ſe mêlent à l'athmoſphere terreſtre, dans laquelle elles ſe ſoutiennent à une hauteur d'autant plus grande, ſelon les loix de l'équilibre hydroſtatique, qu'elles ont plus de légéreté. Là elles fermentent, elles brillent de feux divers, juſqu'à ce qu'entiérement mêlées & combinées avec la maſſe aérienne, elles aient perdu leur nature primitive.

RÉFUTATION. Ce ſyſtême, plus brillant que ſolide, nous paroît ruineux dans tous ſes fondements.

I°. Cette athmoſphere ſolaire, diviſée en cônes & étendue à une ſi grande diſtance, ne paroît-elle pas imaginée gratuitement contre toutes les loix de la phyſique ? Quelle preuve ſolide & convaincante a-t-on de ſon exiſtence ? Comment & par quelles loix ſingulieres eſt-elle diviſée en cônes iſolés, au lieu d'être répandue autour du ſoleil en couches concentriques, comme l'athmoſphere terreſtre autour de la terre ?

II°. En ſuppoſant même l'exiſtence de cette athmoſphere ſolaire, répandue à une immenſe diſtance, & diviſée ou en couches concentri-

ques, ou en cônes rayonnants autour du ſoleil; pourquoi les portions de cette athmoſphere, détachées & attirées par la rencontre de la terre, ſont-elles excluſivement affectées aux régions ſeptentrionales? Pourquoi, & en vertu de quelles loix phyſiques, le pole auſtral & l'équateur doivent-ils, ou ne rencontrer jamais aucun de ces cônes, ou ne point retenir pour eux les portions de matiere qu'ils en détachent?

III°. La principale raiſon ſur laquelle eſt fondée cette hypotheſe, c'eſt l'immenſe hauteur que l'aurore boréale ſemble avoir dans l'athmoſphere terreſtre; hauteur que M. de Mairan ſuppoſe de quatre ou cinq cents lieues, & à laquelle on ne peut raiſonnablement faire élever aucunes exhalaiſons terreſtres: il a donc fallu donner une autre origine que les vapeurs & les exhalaiſons terreſtres, à cette lumiere ſeptentrionale. Mais cette immenſe hauteur de quatre ou cinq cents lieues, qui fait le principal fondement du ſyſtême que nous combattons, n'eſt rien moins qu'un fait certain: il n'eſt pas même certain que ce météore, dans ſa plus grande élévation, ait plus de douze ou quinze lieues au-deſſus de la ſurface terreſtre, comme nous l'avons déja obſervé (826). Une hypotheſe auſſi ſinguliere, établie ſur un fondement auſſi incertain, peut-elle donc paroître aſſez ſatisfaiſante?

829. REMARQUE. On lit dans une relation du Groenland, que pendant tout l'hiver il ſe leve dans ces contrées avec la nuit, une lumiere aſſez ſemblable à celle que donne la lune dans ſon plein; lumiere qui a lieu conſtamment chaque nuit, qui circule autour de la terre, qui dure toute la nuit, & s'évanouit avec le ſoleil levant,

M. de Mairan penſe que l'air épais, les neiges, les glaces, qui couvrent les contrées voiſines du pole pendant l'hiver, ſont très-propres à réfléchir les rayons de lumiere, & à cauſer cette clarté que les habitans du pays nomment *lumiere ſeptentrionale*, & qui n'a rien de commun avec l'aurore boréale. La premiere eſt un phénomene périodique & journalier; la derniere eſt un phénomene caſuel & fort rare: celle-là eſt ſans inflammations; celle-ci doit & ſon origine & ſes plus brillants phénomenes, à des effervеſcences intrinſeques: l'une n'a lieu que dans le tems des glaces & des frimats; l'autre ſe montre plus fréquemment & plus pompeuſement à la vérité pendant l'hiver, mais elle a lieu auſſi pendant les beaux jours de l'été, quand la préſence permanente du ſoleil a banni des régions du nord les glaces & les neiges.

830. SYSTÊME IV. D'autres phyſiciens penſent, avec le ſavant & profond Muſchembroëk, que l'aurore boréale a pour origine, une certaine eſpece d'exhalaiſons échappées du ſein des terres arctiques; exhalaiſons d'une nature aſſez ſemblable à celle du *phoſphore*, lequel réunit la lumiere & le feu, mais qui a beaucoup moins de feu que de lumiere. Dans ce ſyſtême, qui nous paroît le plus vraiſemblable, on rend raiſon d'une maniere aſſez ſatisfaiſante, des principaux effets & des principaux caracteres de ce phénomene. Par exemple,

I°. L'aurore boréale n'eſt point accompagnée d'exploſion & de détonnation, comme la foudre: parce que les matieres qui la forment, ont moins d'effervеſcence & de feu.

II°. L'aurore boréale ne ſe montre guere que dans

les plages ſeptentrionales : parce que les autres contrées ne renferment pas dans leur ſein, comme les contrées voiſines du pole arctique, une quantité de matieres phoſphoriques aſſez abondante pour donner lieu à ce phénomene ; ce qui ne doit pas paroître plus ſurprenant, que de voir naître & ſe former dans une contrée, des mines de fer ou de cuivre, qui ne ſe forment pas dans une autre. Les propriétés & les émanations de notre globe, ne ſont pas par-tout les mêmes :

. . . . . *Non omnis fert omnia tellus.*

III°. L'aurore boréale n'eſt ni un phénomene périodique, ni un phénomene bien fréquent, du moins dans ſa grande beauté : parce que les matieres deſtinées à la produire, renfermées dans les entrailles de la terre, ont beſoin de certaines circonſtances caſuelles, par exemple, de certains embraſements ſouterreins, de certains tremblements de terre, pour donner lieu à une abondante éruption des matieres phoſphoriques.

IV°. L'aurore boréale s'éleve à une hauteur incomparablement plus grande que les autres météores, ignés ou lumineux : parce que les matieres qui la forment, immenſément plus légeres, plus atténuées, plus volatiles, ſont capables de s'élever & de ſe ſoutenir à une hauteur incomparablement plus grande dans les couches de l'athmoſphere ; couches toujours de plus en plus raréfiées, à meſure qu'elles ſont plus éloignées de la ſurface du globe terreſtre. Selon les plus exactes obſervations, l'athmoſphere terreſtre ne s'étend guere au-delà de 15 ou 16 lieues au-deſſus de la terre (743) : les matieres qui forment l'aurore boréale, quelle que ſoit leur nature, ne peuvent donc s'élever ou ſe ſoutenir

à une hauteur plus grande; & ſi elles paroiſſent quelquefois avoir plus de hauteur, il eſt probable qu'elles doivent cette hauteur apparente, à certaines réfractions, à certaines illuſions optiques, qu'on pourra découvrir & calculer avec le tems.

V°. L'aurore boréale étale des tourbillons de feu, de flamme, de fumée: parce que les matieres qui lui donnent naiſſance, fermentent entr'elles, & s'enflamment avec plus ou moins d'éclat par la fermentation & par le frottement; à peu près comme on le voit arriver aux phoſphores, naturels & artificiels, qu'il importe ici de faire connoître.

Phoſphores naturels & artificiels.

831. DESCRIPTION I. Le *phoſphore* en général, eſt une ſubſtance capable de produire ou de répandre de la lumiere dans les ténebres, par le moyen d'une fermentation intrinſeque qui ne donne point une chaleur ſenſible. Les vers luiſants, certains bois pourris, les yeux des chats, brillent d'une lumiere ſenſible au milieu des plus profondes ténebres: les diamants, qu'on a expoſés aux rayons du ſoleil, & qu'on tranſporte ſubitement dans un lieu très-obſcur, y brillent ſenſiblement pendant un tems aſſez conſidérable: la pierre de Boulogne, & certains ſpats, après qu'ils ont été calcinés, donnent auſſi une belle lumiere dans les ténebres.

La nature de cette matiere phoſphorique eſt encore aſſez peu connue: elle ſemble plus tenir de la lumiere que du feu. Son éclat eſt dû à une fermentation intrinſeque, qui diſſipe lentement

& foiblement les parties ignées & lumineuſes; mais qui ſouvent n'a pas aſſez de force pour échauffer ſenſiblement les corps d'où elle émane ou qu'elle affecte, quoiqu'elle ait aſſez de force pour ébranler ſenſiblement les fibres infiniment délicates de la vue.

832. DESCRIPTION II. Le *phoſphore d'Angleterre* (qu'on nomme auſſi *phoſphore de Kunkel*, du nom de ſon inventeur) eſt le *caput mortuum* qui réſulte de pluſieurs diſtillations chymiques de 4 parties de minium, de 2 parties de ſel ammoniac réduit en poudre, & de 9 à 10 parties d'extrait d'urine en conſiſtance de miel.

On peut voir dans l'excellent dictionnaire de chymie, le procédé qu'on ſuit pour préparer & pour perfectionner ce phoſphore, qu'on transforme en petits bâtons, avec leſquels on fait des expériences ſurprenantes; qui ſembleroient tenir de la magie, à des perſonnes qui n'auroient aucune connoiſſance de ce ſecret merveilleux. Par exemple, on écrit ſur la muraille d'un lieu obſcur, avec un petit bâton de phoſphore; & l'écriture ſe lit auſſi-tôt en grands caracteres de feu. On enduit un viſage ou tel autre objet, avec une diſſolution de phoſphore dans une huile; & ces objets paroiſſent tout rayonnants de feu & de lumiere dans un lieu obſcur, ſur-tout ſi l'air eſt un peu échauffé, ou ſi le frottement ſupplée à l'abſence de la chaleur. On éteint une bougie; & on la rallume ſur le champ, en appliquant ſur la meche encore chaude, un petit morceau de phoſphore.

833. DESCRIPTION III. La *pierre de Boulogne* eſt une pierre qui, préparée par une calcination convenable, acquiert la propriété de répandre

dans un lieu obſcur, une clarté aſſez ſemblable à celle d'un charbon ardent. Cette pierre, qu'on trouve dans une montagne près de Boulogne en Italie, eſt un ſpat ſéléniteux & fuſible : on la fait rougir dans un creuſet; on la réduit en poudre, dont on fait une pâte avec du mucilage de gomme adraganthe. Cette pâte, convertie en gâteaux fort minces, & cuite à un fourneau de réverbere, devient un vrai phoſphore, qui produit à peu près les mêmes effets que celui dont on vient de parler.

PARAGRAPHE QUATRIEME.

Les Météores aériens ou les vents.

834. Définition. Les *vents* ne ſont autre choſe, qu'un air pouſſé, agité, déplacé, & qui ſe porte d'un endroit à l'autre, d'un trait continu : ce ſont des torrents, des courants, des débordements du ſubtil & limpide Océan qui enveloppe la terre & la mer ſous le nom d'athmoſphere; & qui par un déplacement continu, plus ou moins rapide, ſe porte en plus ou moins grand volume d'une contrée en une autre.

L'hiſtoire & la cauſe des vents, tel eſt le double objet de ce paragraphe; où la nature des météores à expliquer, exigera que nous intercallions la théorie de la pompe à feu, & de ſon méchaniſme phyſique.

CHAPITRE PREMIER.

HISTOIRE NATURELLE DES VENTS.

835. OBSERVATION. Quelque variété qu'on obſerve dans les vents, on peut les réduire à certaines claſſes générales; & les diviſer en vents *permanents*, en vents *périodiques*, en vents *topiques*, en vents *libres*, en vents *ſouterreins*. Nous allons rapporter à ces cinq diviſions, tout ce qu'il y a de plus remarquable, de plus digne d'attention, dans l'hiſtoire naturelle des vents.

836. DIVISION I. On nomme *vents permanents*, ceux qui regnent conſtamment en toute ſaiſon; & qui ne ceſſent de ſe faire ſentir, que lorſqu'un vent contraire & prédominant en empêche accidentellement le cours.

Il conſte par les obſervations de tous les ſiecles, qu'il y a dans la nature des vents conſtants & permanents : ils regnent entre les deux tropiques, où les navigateurs éprouvent toujours un vent qui ſouffle d'orient en occident, avec quelque déclinaiſon; & qui, quoique aſſez foible, les empêche de retourner vers l'orient par la même route qu'ils ont ſuivie en navigant vers l'occident. On ne connoît point cette eſpece de vent dans les plages ſituées beaucoup en-deçà ou beaucoup en-delà des tropiques. Ces vents permanents ne ceſſent de régner & de ſe faire ſentir, que lorſque quelque vent accidentel en empêche l'effet; & auſſi-tôt que ce vent accidentel ceſſe, le vent permanent reprend ſon action.

837. DIVISION II. On nomme *vents pério-*

diques, ceux qui commencent & finiſſent régulierement en certains tems marqués, tels que le printems & l'automne, le ſolſtice d'été & le ſolſtice d'hiver.

Quoique le vent ſoit le ſymbole de l'inconſtance, il conſte par les obſervations de tous les tems, qu'il y a dans la nature des vents périodiques. Parmi ces vents périodiques, les plus célebres ſont les vents *étéſiens* ou *annuels* (*): ils commencent vers la fin de juillet, à moins qu'ils ne ſoient empêchés par quelque vent libre, contraire & prédominant; & ils regnent environ quarante jours. Ils ſe levent & commencent à ſe faire ſentir, deux ou trois heures après le lever du ſoleil; & ils tombent à l'approche de la nuit. Leur direction n'eſt pas la même dans toutes les contrées du monde: en Eſpagne, ils ſoufflent d'orient en occident; en quelques contrées, du midi vers le nord; leur direction la plus générale eſt du nord vers le midi, avec plus ou moins de déclinaiſon. Il eſt fort rare que ces vents ſoient violents: ils ne cauſent jamais des ravages, à moins qu'ils ne ſoient aidés & fortifiés par des vents libres.

838. DIVISION III. On nomme *vents topiques*, ceux qui ſont affectés à certaines contrées excluſivement; ceux qui n'ont lieu que dans un ſeul

(*) ETYMOLOGIES. Etéſies, ἐτησιαὶ, *venti annui*. Vents topiques: de τὸπος, *locus*. Vents cardinaux, *venti qui à quatuor mundi quaſi cardinibus ſpirant*. Ce nom leur fut donné ſans doute dans un tems où l'on s'imaginoit que la terre étoit poſée ſur des gonds, poſés eux-mêmes ſur on ne ſait quoi, pour empêcher ſa chûte chimérique vers le nadir.

pays, où ils ont leur cauſe particuliere, qui les y produit.

Il y a une foule de petites contrées qui ont leur vent propre & particulier, avec les vents généraux, conſtants, périodiques, libres.

839. DIVISION IV. On nomme *vents libres*, ceux qui ne ſont fixés ni à aucune ſaiſon, ni à aucune contrée particuliere; mais qui ſoufflent librement & indifféremment en toute contrée & en toute ſaiſon, pendant un tems plus ou moins long, après lequel ils ceſſent. Parmi les vents libres, on place le vent du nord, le vent du midi, le vent d'orient, le vent du couchant, qu'on appelle *vents cardinaux*; parce qu'ils partent des quatre points les plus remarquables de la terre. Ces quatre vents principaux ſont ſoumis par les nautonniers, à raiſon de leur plus ou moins grande déclinaiſon, a d'ultérieures diviſions, dont la premiere eſt celle-ci: nord-eſt, nord-oueſt, ſud-eſt, ſud-oueſt.

840. DIVISION V. On nomme *vents ſouterreins*, ceux qui prennent naiſſance dans les entrailles de la terre, qui ſortent du ſein de certains antres ou de certaines cavernes.

L'exiſtence des vents ſouterreins n'eſt nullement douteuſe: puiſqu'on voit en mille & mille endroits, des antres & des grottes de différente grandeur, dont la bouche exhale ou perſévéramment ou très-fréquemment, un ſouffle plus ou moins ſenſible, plus ou moins violent. On voit de même pluſieurs plages maritimes, dans un tems calme, s'enfler quelquefois prodigieuſement par le moyen des vents ſouterreins qui s'échappent à travers les eaux, & qui ſemblent être le prélude des tempêtes qui ne manquent guere de les ſuivre.

841. REMARQUE. L'hiſtoire particuliere des vents, conſidérée relativement à leur regne & à leur action en chaque contrée iſolée, ſeroit ſuſceptible de détails infinis; qui ne peuvent intéreſſer qu'un très-petit nombre de perſonnes, & ſur leſquels nous ne daignerons pas nous appeſantir.

Perſonne n'ignore quels ravages eſt capable de produire la violence des vents: des villages entiers renverſés de fond en comble, d'antiques forêts abattues & déracinées, les flots de la mer élevés & accumulés en montagnes mugiſſantes, tel eſt de tems en tems l'horrible effet de ces courants aériens, qui ſe précipitent d'une plage vers une autre, & qui, multipliant leur maſſe par leur vîteſſe, acquierent une immenſe force impulſive. Selon les obſervations de M. Mariotte, les vents qui ſe meuvent avec aſſez de vîteſſe pour abattre & déraciner de grands arbres, parcourent 32 pieds par ſeconde. M. Derhan obſerva un ouragan qui renverſa un moulin à vent: le vent de cet ouragan parcouroit 66 pieds par ſeconde.

Les vents ſont ſecs ou humides, froids ou chauds, ſelon que l'athmoſphere ſe trouve diſpoſée & affectée, quand elle ſe déborde en torrents d'une plage dans une autre.

Avant de paſſer à la recherche de la cauſe phyſique qui produit les vents; nous allons faire connoître une machine dont la théorie peut répandre bien des lumieres expérimentales ſur la nature de l'air, ſur la formation de la plupart des météores aqueux & aériens, ſur la cauſe des tremblements de terre, ſur preſque toute la phyſique.

CHAPITRE SECOND.

MÉCHANISME DE LA POMPE A FEU.

842. DESCRIPTION. La *pompe à feu*, inventée dans ces derniers tems en Angleterre, eſt une machine qui doit ſon jeu & ſon action, à l'eau réduite en vapeur dans une chaudiere qui communique avec une pompe. On s'en ſert avec avantage en Angleterre & ailleurs, ſoit pour tirer l'eau du ſein des mines, d'une profondeur de 100 ou 150 toiſes; ſoit pour élever l'eau, du fond d'une vallée, au-deſſus du ſol d'une ville ou d'une campagne, ſituées beaucoup plus haut que la ſource qu'on y veut conduire. Voici le méchaniſme particulier de cette machine, dans lequel nous ſuppoſerons que l'on connoît déja le méchaniſme des pompes aſpirantes dont nous avons parlé ailleurs. (*fig.* 8.)

I°. Soit AB, la capacité cylindrique d'une fort large & très-forte pompe de cuivre; D, un grand piſton de cuivre, d'environ 20 ou 30 pouces de diametre, ſans ſoupape & ſans ouverture; H, un grand vaſe ou une grande chaudiere d'airain, très-forte & très-ſolide, hermétiquement fermée de toute part, excepté en B où ſe trouve une petite ouverture verticale & cylindrique, par où le vaiſſeau H communique avec la pompe AB, à peu près comme la pompe d'une machine pneumatique communique avec le récipient. Que cette ouverture verticale BV ſoit traverſée horiſontalement par un robinet BK de cuivre, percé par le milieu; en telle ſorte que ce robinet, en tournant ſur lui-même, puiſſe donner

ou ôter à volonté, la communication entre la pompe AB & la chaudiere H posée sur un fourneau.

Soit encore LNM, un levier très-fort & très-solide, mobile sur le point N, autour duquel il peut s'élever ou s'abaisser alternativement de part & d'autre; PR, une pompe aspirante ordinaire (714), dont le piston R, placé à 100 ou 200 toises de profondeur dans une mine, élevera l'eau Z, de Z en R, & ensuite de R en P.

II°. Soit le piston D de la pompe à feu, placé en B; l'ouverture de communication BV, hermétiquement fermée par le robinet KB; la chaudiere H, pleine d'eau jusqu'à la hauteur H, & placée sur un grand feu, ou sur un fourneau très-ardent. L'eau de cette chaudiere reçoit l'impression du feu: une petite portion de cette eau se convertit en vapeur, au-dessus de la partie qui reste dans l'état liquide. Cette vapeur, qui ne peut s'échapper du sein de la chaudiere hermétiquement fermée, a une immense force expansive en tout sens, laquelle surpasse de beaucoup la pression de la colonne aérienne qui gravite du haut de l'athmosphe sur toute la surface supérieure du piston D. Ainsi, aussi-tôt que par le moyen du robinet KB, on ouvrira la communication entre la chaudiere & la pompe; la vapeur accumulée & condensée dans la chaudiere, s'élancera avec violence dans la pompe BA, & élevera le piston de B en A, où il sera arrêté par un obstacle qu'il ne puisse franchir.

Pendant que le piston D s'éleve de B en A; le piston R de la pompe aspirante, n'étant plus retenu par le poids opposé D, descend de R en Z par son propre poids, au fond de la pompe aspirante.

III°. Pendant que le piſton D, emporté par la force impulſive de l'eau en vapeur, paſſe de B en A, il chaſſe devant lui la colonne aérienne qu'il ſupporte : l'eſpace D B reſte vuide d'air, & plein d'une vapeur aqueuſe dont la force expanſive ſoutient en D & le poids du piſton, & le poids immenſe de toute la colonne aérienne qui gravite ſur le piſton. L'eau en vapeur occupe un eſpace 14000 mille fois plus grand que dans ſon état liquide (731) : donc ſi la vapeur aqueuſe, qui occupe l'eſpace D B, venoit à reprendre ſubitement ſon état liquide, l'eſpace D B reſteroit tout vuide, à l'exception d'un quatorze-millieme, qui ſeroit occupé par la vapeur réduite en eau.

Que l'on ferme le canal de communication B V ; & que par le moyen d'un autre petit canal à robinet C E, on faſſe ſubitement entrer dans la capacité D B, une très-petite quantité d'eau froide, diviſée en jets rapides & très-déliés. Cette goutte d'eau froide, élancée & éparpillée dans la capacité D B, ſuffit pour communiquer ſa fraîcheur à toute la vapeur répandue dans l'intérieur de la pompe, & pour convertir ſubitement en pluie & en eau toute cette vapeur D B. Il reſte donc alors dans la pompe à feu, un vuide à peu près égal à tout l'eſpace D B.

IV°. L'eſpace D B étant vuide, il n'a rien qui réſiſte à la chûte du piſton D : le piſton D, ſollicité & par ſon propre poids, & par le poids de toute la colonne aérienne qui gravite ſur lui, deſcend donc avec violence de D en B ; & en deſcendant, il éleve le piſton oppoſé R, de Z en R. Ce piſton R, en s'élevant de Z en R, chaſſe devant lui la colonne d'eau placée au-deſſus de lui.

V°.

V°. Le piſton de la pompe à feu étant retombé de D en B, que doit-il encore arriver ? Auſſitôt qu'on ouvrira, comme auparavant, le canal de communication BV, par le moyen du robinet KB; la vapeur de la chaudiere, élancée contre le piſton, l'emportera avec violence de B en A; & pendant ce tems-là, le piſton R deſcendra par ſon propre poids de R en Z.

VI°. Le piſton D, élevé & retenu en D par la force expanſive de la vapeur, deſcendra encore de D en B, quand le canal de communication étant fermé, le canal CE dardera une petite quantité d'eau éparpillée dans la capacité DB de la pompe ; & pendant ce même tems, le piſton R s'élevera encore de Z en R, élevant avec lui toute la colonne d'eau placée au-deſſus de lui, pourvu que la réſiſtance de cette colonne d'eau ſoit moindre que la preſſion de la colonne aérienne que ſupporte le piſton de la pompe à feu. C'eſt par ce méchaniſme que le piſton D, en paſſant ſucceſſivement de B en D, & de D en B, éleve l'eau de Z en P.

Le canal N eſt deſtiné à vuider de tems en tems le fond de la pompe DB, ou à laiſſer écouler au dehors l'eau qui s'amaſſe dans la capacité de la pompe à feu, ſoit par le canal CE, ſoit par les vapeurs rendues à l'état liquide. Le canal horiſontal HX eſt deſtiné à fournir de tems en tems une eau nouvelle à la chaudiere H, à meſure que l'eau qu'elle contenoit s'en échappe peu à peu en vapeurs. Ce canal eſt placé horiſontalement, à peu près vers le milieu de la chaudiere ; afin qu'on puiſſe s'aſſurer qu'on ne la remplit pas trop, & que l'eau puiſſe refluer au

dehors, quand on lui en a donné une ſuffiſante quantité.

843. REMARQUES. L'expérience que nous venons de rapporter & d'expliquer dans la deſcription de cette machine, nous donne lieu ici de faire pluſieurs obſervations importantes. (*fig.* 8.)

I°. Nous avions déja fait voir ailleurs, que l'eau, en ſe convertiſſant en vapeur, acquiert une immenſe dilatation (731), une dilatation de 1 à 14000. Cette étonnante dilatation de l'eau convertie en vapeur, ſe fait bien ſentir dans cette machine : car après que la vapeur de la chaudiere H a rempli 100 ou 200 fois la capacité DB de la pompe, à peine l'eau de la chaudiere a-t-elle diminué d'une quantité ſenſible ; ce que l'on connoît aiſément par la petite quantité qu'il en faut ajouter à la chaudiere, par le moyen du canal XH, pour rendre l'eau à ſon premier niveau HX.

II°. Le degré de chaleur qui rend l'eau bouillante, & qui donne à l'eau convertie en vapeur, une dilatation 14000 fois plus grande, ne dilate l'air que d'un tiers (723). L'air environ 800 fois moins denſe que l'eau de pluie & de riviere, devient donc, ſous un degré de chaleur qui fait bouillir l'eau, environ 1200 fois moins denſe que l'eau froide dans ſon état liquide. Mais l'eau en vapeur eſt environ 14000 fois plus dilatée & moins denſe, que la même eau dans l'état liquide : d'où il réſulte que l'air, quoique dilaté avec l'eau en vapeurs, eſt de beaucoup plus denſe & plus peſant que ces vapeurs ; & que, ſelon les loix de l'équilibre hydroſtatique (652),

les vapeurs doivent prendre le deſſus, & s'élever à une hauteur plus ou moins conſidérable dans les différentes couches de l'air qui avoiſine la ſurface de la terre. Delà, en grande partie, la cauſe de l'aſcenſion des vapeurs dans l'athmoſphère.

III°. Une très-petite quantité d'eau froide, dardée & éparpillée à travers la vapeur aqueuſe dans la capacité de la pompe D B, ſuffit pour convertir ſubitement cette vapeur en gouttes liquides, pour lui faire perdre en un inſtant ſon immenſe dilatation, & pour produire un très-grand vuide dans l'eſpace D B qu'elle occupoit. On conçoit facilement, par cette expérience, comment il arrive qu'une grande nuée, preſque toute compoſée de vapeurs aqueuſes que ſaiſit ſubitement ou peu à peu un degré de froid conſidérable, ſe réſout en gouttes pluvieuſes, & laiſſe un grand eſpace à occuper à l'air environnant ; lequel s'élance de toute part par ſon élaſticité, dans l'eſpace auparavant occupé par les vapeurs. Delà la pluie, delà une agitation ou un vent dans l'athmoſphère.

IV°. La chaudiere H doit être d'une très-grande force, pour pouvoir réſiſter à la force expanſive de la vapeur captivée dans ſon ſein. On a éprouvé en Angleterre, que cette force expanſive de la vapeur enfermée, étoit capable de faire éclater des canons & des mortiers de bronze, qui avoient réſiſté à tous les efforts poſſibles de la poudre enflammée dans leur ſein : ce qui fait voir combien active eſt cette force expanſive & exploſive de l'eau en vapeur.

V°. Pour évaluer la quantité d'action, ou la quantité de force exploſive, que la vapeur

exerce contre le piſton D ; il faut évaluer le poids de la colonne aérienne qui gravite ſur la ſurface circulaire A de ce piſton : le poids de cette colonne aérienne, à laquelle aucun air ne réſiſte dans l'eſpace D B, eſt toujours proportionnel à la baſe du piſton. Suppoſons donc que la baſe circulaire A du piſton, ſoit égale en ſurface à un pied quarré : elle ſoutiendra tout le poids d'une colonne aérienne qui peſe autant qu'une colonne d'eau d'un pied quarré de baſe & d'environ 32 pieds de hauteur (703) ; ou qui peſe autant que 32 pieds cubes d'eau, c'eſt-à-dire, environ 2240 livres (737). La vapeur qui éleve le piſton de B en D, agit donc avec une force qui éleve & tranſporte très-rapidement un poids de 2240 livres, plus le poids intrinſeque du piſton.

Il n'eſt pas bien difficile de trouver à peu près le rapport d'une ſurface circulaire avec un quarré (*Math.* 483). On pourra donc toujours trouver ſuffiſamment l'action de la vapeur contre un piſton d'un diametre quelconque : ce qui fera connoître la réſiſtance que ce piſton D peut vaincre dans la colonne d'eau oppoſée R P ; quand ce piſton D, ſollicité à deſcendre & par ſon propre poids, & par le poids de la colonne aérienne qui gravite ſur lui, ceſſe d'être ſoutenu par la vapeur. Abſtraction faite des frottements, un piſton D, dont la baſe eſt égale en ſurface à un pied quarré, peut vaincre & élever en R P une réſiſtance égale à environ 22 quintaux : un piſton D, égal en ſurface à deux pieds quarrés, vaincra une réſiſtance double, ou 44 quintaux ; & ainſi de ſuite.

VI°. La vapeur enfermée dans la chaudiere H,

n'a pas toujours le même degré de force expansive : cette force expansive est susceptible de plus & de moins. On a remarqué qu'un degré de feu préciſément suffisant pour faire bouillir l'eau, produit une vapeur assez forte pour faire équilibre avec le poids de la colonne aérienne qui gravite sur le piston D ; mais que si on rend le feu plus violent sous la chaudiere, la force expansive de la vapeur augmente avec la chaleur, & peut devenir jusqu'à 8 ou 10 fois plus grande.

VI°. On conçoit que le robinet B K peut être construit de telle façon, qu'il se ferme de lui-même par le moyen d'un ressort ; & qu'il s'ouvre par la chûte du piston D, lequel sera subitement élevé par l'explosion de l'eau en vapeur. On peut simplifier également le jeu du canal C E, & l'action de toute la pompe à feu, dont nous n'observons ici que le méchanisme physique. Le piston D peut avoir aisément deux ou trois pieds de diametre ; & alors quelle force ne lui donnera pas la pression de la colonne aérienne qu'il supporte ? Ne pourroit-on pas, par le moyen de deux ou trois pompes semblables, fournir abondamment de l'eau dans tous les quartiers de Paris, sans une immense dépense : comme on l'avoit fait à Londres, avant la construction des machines hydrauliques qu'on y voit aujourd'hui porter l'eau de la Tamise dans tous les quartiers de cette grande ville ?

M. Desaguillers nous apprend que, dans la pompe à feu, le piston D peut monter & descendre jusqu'à 16 fois par minute ; que deux hommes peuvent suffire absolument pour conduire & faire jouer toute cette machine ; & qu'une dépense d'un million eût suffi pour construire une pompe

à feu capable de donner perſévéramment à Verſailles le même volume d'eau que lui donne de tems en tems la fameuſe machine de Marly, dont la conſtruction, dit-il, coûta 80 millions, & dont l'entretien coûte encore chaque année des ſommes prodigieuſes.

Cauſes des tremblements de terre.

844. APPLICATION. On voit quelquefois le globe terreſtre, livré à des agitations & à des ſecouſſes, qui ſemblent annoncer que cette énorme maſſe couve dans ſon ſein ſa diſſolution & ſa ruine (500). Combien de villes englouties, combien de provinces déſolées dans tous les ſiecles, par ces fermentations inteſtines du globe terreſtre, d'où naiſſent les *tremblements de terre!* Trois cauſes principales ſemblent donner naiſſance à ces horribles phénomenes; ſavoir, le *feu*, qui produit des fermentations & des embraſements dans les entrailles de la terre; l'*air*, qui ſe dilate conſidérablement dans les entrailles de la terre, par le moyen de ces feux ſouterreins; l'*eau*, que les embraſements formés au ſein de la terre, convertiſſent en vapeur dans des cavités ſouterreines, à peu près comme dans la chaudiere dont nous venons de parler. (*fig.* 8.)

I°. L'exiſtence de certains feux ſouterreins, produits par l'embraſement de diverſes ſubſtances fermenteſcibles & inflammables, ne peut aucunement être révoquée en doute : témoin le Véſuve, l'Ethna, tous les volcans (500)! Ces feux ſouterreins exercent leur force expanſive contre les couches de la terre qui les captivent; comme une mine qui prend feu ſous un baſtion,

exerce ſon action contre ce baſtion, qu'elle élance avec une horrible ſecouſſe au ſein des airs.

II°. L'air qui ſe trouve diſtribué & répandu dans le ſein de la terre, tantôt logé dans de vaſtes cavités fermées de toute part, tantôt interpoſé dans les pores des différents corps, toujours combiné en immenſe quantité avec ces corps, vient-il à être affecté par la chaleur de quelque embraſement ſouterrein ? Il acquiert une immenſe force expanſive, qui ſe déploie avec un horrible effort du côté où il trouve le moins de réſiſtance, du côté de la ſurface de la terre. S'il eſt pur & non combiné, au ſein d'une caverne fermée de toute part, la chaleur de l'embraſement ſouterrein augmente notablement ſa force & ſon reſſort (722). S'il eſt combiné avec les corps que le feu diſſout & décompoſe, il s'en échappe en immenſe quantité (729): il devient air libre, fluide, élaſtique ; & il s'unit à l'air libre avec lequel il communique, qu'il rend plus denſe, & dont la force expanſive & exploſive croît proportionnellement à la denſité (691). Delà le violent effort qu'il fait contre les obſtacles qui le captivent, contre les terres & les rochers qui l'empriſonnent, qu'il entr'ouvre, & qu'il chaſſe devant lui par ſon reſſort victorieux.

III°. Si à l'action du feu & de l'air dilaté, ſe joint l'action de l'eau en vapeur ; quelle inconcevable force n'auront pas ces trois agents réunis ! Par exemple, ſoit au ſein de la terre une très-grande caverne, qui n'ait abſolument aucune communication avec l'air extérieur, & où ſe trouve une certaine quantité d'eau. Si dans cette caverne, ou dans ſon voiſinage, des matieres

fermenteſcibles & inflammables viennent à prendre feu ; l'embraſement de ces matieres convertira l'eau en vapeurs aſſez ſemblables à celles de la chaudiere H : ces vapeurs condenſées & accumulées dans une caverne de quelques milles toiſes de diametre, uniſſant leur effort à l'effort de la matiere ignée, à l'effort de l'air échauffé & dilaté, ſeront capables de ſe faire jour à travers les obſtacles les plus réſiſtans ; d'entr'ouvrir la terre & la mer ; de fendre les rochers & les montagnes ; & d'imprimer aux plages maritimes ou terreſtres, où ſe fait leur éruption inſtantanée ou ſucceſſive, des ſecouſſes qui pourront ſe faire ſentir à pluſieurs centaines de lieues de diſtance.

Quelques phyſiciens ajoutent à ces trois cauſes des tremblements de terre, l'action de la matiere électrique ; qui dardée en torrents ſur une contrée, peut, par ſa commotion, dit-on, ébranler la maſſe de la terre. Mais cette idée ne nous paroît nullement admiſſible : parce que, quelque immenſe & quelque actif que l'on ſuppoſe ce torrent électrique qui frappe une contrée terreſtre ; ſon action, diviſée aſſez uniformément en toute la maſſe de la terre, ne peut jamais, ſelon les loix de la communication du mouvement (321), y produire un effet ſenſible. Tout ce que peut faire ce torrent électrique, c'eſt d'occaſionner les embraſements ſouterreins dont nous venons de parler ; & d'être cauſe éloignée, & non cauſe prochaine, des tremblements de terre : à moins qu'on ne ſuppoſe que l'exploſion du torrent électrique ſe fait dans le ſein même de la terre. (1098.)

CHAPITRE TROISIEME.

CAUSE PHYSIQUE DES VENTS.

845. OBSERVATION. L'immenſe volume d'air qui enveloppe le globe terreſtre, eſt compreſſible & élaſtique, ſuſceptible de condenſation & de dilatation. Toutes les cauſes qui peuvent occaſionner une raréfaction ou une condenſation dans ce fluide Océan, doivent néceſſairement y faire naître des débordements, des courants, des flux & des reflux quelconques, qui ne ſont autre choſe que ce que nous appellons du nom de *vents*. Or il eſt clair que pluſieurs cauſes différentes peuvent concourir, ou conjointement, ou ſéparément, à la production de ces phénomenes : nous allons donner une idée des principales, dans les aſſertions ſuivantes.

846. ASSERTION I. *La chaleur qui raréfie l'air, eſt une cauſe des vents.*

EXPLICATION. Il conſte par l'expérience, que l'air ſe dilate & ſe raréfie par la chaleur; qu'il augmente en volume & en reſſort, à meſure qu'il eſt plus échauffé (722). Sur quoi,

I°. Suppoſons que la portion de l'athmoſphere qui enveloppe une contrée, la Franche-Comté, par exemple, ſe trouve tout à coup ou peu à peu conſidérablement raréfiée, ſoit par la chaleur du ſoleil, ſoit par quelque autre cauſe capable de l'échauffer notablement. Il eſt clair que cette immenſe maſſe d'air, auparavant en équilibre avec l'air environnant, & maintenant plus active & plus élaſtique en Franche-Comté que dans les contrées voiſines, doit s'enfler & ſe dilater notablement par la chaleur qui l'affecte; doit réfluer & ſe déborder par ſon excès

d'expanſion & de reſſort, ſur les contrées voiſines, pour ſe mettre en équilibre de chaleur, de denſité, de reſſort, avec la portion de l'athmoſphere qui couvre ces contrées.

II°. Suppoſons encore que dans toutes les contrées environnantes, à l'exception de l'Alſace, la portion de l'athmoſphere qui les couvre, éprouve le même degré de chaleur & de dilatation qu'a l'athmoſphere en Franche-Comté. Il eſt clair que cette athmoſphere de la Franche-Comté, arrêtée & captivée par la force égale de l'athmoſphere des provinces contiguës, ne pourra ſe déborder & ſe précipiter que ſur l'Alſace, où elle produira des courants ou des tourbillons aériens d'autant plus violents, que la raréfaction & le reſſort de l'air échauffé, ſeront plus grands en Franche-Comté.

847. ASSERTION II. *Le froid qui condenſe l'air, eſt une cauſe des vents.*

EXPLICATION. Il conſte par l'expérience, que l'air ſe condenſe par le froid; qu'il diminue en volume & en reſſort, à meſure que la matiere ignée s'échappe de ſon ſein. (722.)

Sur quoi, ſuppoſons que la portion de l'athmoſphere qui couvre la France, ſe trouve notablement condenſée par un froid ſubit. On conçoit qu'il doit ſe former un vuide immenſe dans l'athmoſphere de ce royaume; & que l'athmoſphere des régions voiſines, toujours élaſtique & expanſive, doit par ſon reſſort, ſans aucun changement intrinſeque dans ſa nature, ſe déborder & ſe précipiter en torrents dans le vuide qui ſe forme en France. Si le débordement aérien prend ſon cours du midi au nord, cette ri-

viere d'air, arrivant avec un mouvement très-accéléré dans notre athmoſphere, y occaſionnera une très-violente impulſion; y formera un vent du midi, qui ſe fera ſentir vers la Flandre & la Hollande, où iront retentir ſes ſecouſſes.

848. ASSERTION III. *L'aſcenſion des vapeurs dans l'athmoſphere, eſt une cauſe des vents.*

EXPLICATION. Il conſte par l'expérience, que l'eau qui ſe réſout en vapeurs, acquiert un volume environ 14000 fois plus grand, & déplace un volume d'air égal à ſon volume (731). Un pied cube d'eau, par exemple, converti en vapeurs, déplace donc quatorze mille pieds cubes d'air dans la portion de l'athmoſphere que ces vapeurs vont enfler à différentes hauteurs, où les fixe la loi de l'équilibre. Il eſt clair que ſi ces vapeurs s'uniſſoient aux molécules aériennes ſans les enfler & ſans les déplacer, elles rendroient par leur propre poids, ces molécules d'air plus peſantes qu'auparavant; & les forceroient à ſe précipiter avec elles vers la terre, à l'inſtant même de leur union. Il faut donc que ces vapeurs, en montant dans l'air, enflent ou déplacent les molécules aériennes avec leſquelles elles s'uniſſent; & que cet air enflé ou déplacé par les vapeurs, reflue & s'ouvre un paſſage dans les couches d'air voiſines.

I°. On ſait qu'il ſe fait continuellement dans la nature une immenſe évaporation; que cette évaporation eſt tantôt plus & tantôt moins abondante dans une même contrée, ſelon que le tems eſt plus ou moins chaud, que l'air eſt plus ou moins ſec, que le ciel eſt plus ou moins ſerein. (674.)

II°. Suppoſons, par exemple, que du ſein d'une portion de l'Océan ou de la Méditerranée, au voiſinage de la France, il s'éleve en un jour mille pieds cubes d'eau en vapeurs. Ces mille pieds cubes d'eau, convertis en un volume de vapeurs 14000 fois plus grand, déplaceront dans la portion de l'athmoſphere où ils ſe répandent & ſe diſtribuent, 14,000,000 pieds cubes d'air; lequel refluant & ſe précipitant ſucceſſivement ſur les places voiſines, y produira un courant aérien, une riviere d'air, un vent plus ou moins violent.

849. ASSERTION IV. *La réſolution des vapeurs en pluie, eſt une cauſe des vents.*

EXPLICATION. Comme l'eau, convertie en vapeurs, acquiert un volume quatorze mille fois plus grand; de même les vapeurs, converties en pluie, acquierent un volume quatorze mille fois moindre. Suppoſons donc au-deſſus de nos têtes, un immenſe nuage qui donne mille pieds cubes de pluie. Sa réſolution en pluie occaſionnera ſucceſſivement dans notre portion d'athmoſphere, un vuide de 14,000,000 pieds cubes; dans lequel vuide ſe précipitera impétueuſement par ſon reſſort, l'air des contrées voiſines. Delà un courant d'air, ou un vent plus ou moins ſenſible, dans la contrée ou au voiſinage de la contrée où tombe la pluie.

850. ASSERTION V. *La formation des végétaux, ainſi que leur diſſolution, eſt une cauſe des vents.*

EXPLICATION. Il conſte par l'expérience, que le corps des plantes, des animaux, de preſque tous les mixtes, contient une immenſe quantité

d'air combiné avec leurs autres principes. (729.)

I°. L'air qui entre dans la formation des animaux & des végétaux, eſt évidemment ſouſtrait à l'athmoſphere qui enveloppe ces corps: donc, au printems & en été, quand la nature travaille le plus efficacement à la formation & à l'accroiſſement des végétaux; l'athmoſphere doit diminuer & s'appauvrir conſidérablement, dans les contrées où la nature eſt plus vivante & plus féconde: donc l'air des contrées moins vivantes & moins fécondes, doit refluer & ſe précipiter dans les premieres, pour reprendre ſon équilibre de dénſité. Delà, en partie, la cauſe des vents qui regnent ſi fréquemment au printems, où la nature ſe ranime ſucceſſivement dans les différentes contrées.

II°. Aux approches de l'hiver, quand les arbres ſe dépouillent de leurs feuilles & de leurs fruits, ces feuilles & ces fruits ſe décompoſent en grande partie: l'air qui entroit dans leur compoſition, s'en dégage par le moyen de la putréfaction, & reprend ſa nature primitive, fluide & élaſtique. L'athmoſphere, enrichie de ces immenſes volumes d'air qui ſe dégage du ſein des végétaux, doit donc augmenter conſidérablement en maſſe & en volume, dans les contrées où la nature perd ſa richeſſe & rentre dans l'inertie; & ſe déborder ſur les contrées où la nature perd plutôt ou plus tard ſa fécondité & ſa vigueur. Delà, en partie, la cauſe des vents qui regnent ſi fréquemment ſur la fin de l'automne.

Mais la principale cauſe des vents qui regnent au printems & en automne, c'eſt la grande alternative de froid & de chaud; qui a plus ſpécialement lieu en ces deux ſaiſons, & qui altere con-

ſidérablement & plus qu'en aucun autre tems, les différentes portions de l'athmoſphere, tantôt plus & tantôt moins échauffées & dilatées. (846.)

RÉSULTAT GÉNÉRAL, OU

851. COROLLAIRE. *De ces différentes cauſes, tantôt ſéparées & tantôt réunies, découlent d'une maniere aſſez ſatisfaiſante, les différents phénomenes que nous préſente l'hiſtoire naturelle des vents.* (835.)

EXPLICATION. I°. Les vents du nord & du midi ſont communément fort violents. La raiſon en eſt ſenſible. D'abord, quand le ſoleil darde librement ſes brûlants rayons ſur la zone torride, quelle raréfaction ne doit-il pas cauſer dans cette portion de l'athmoſphere qui couvre cette zone? Quelle immenſe quantité de vapeurs ne doit pas s'élever du ſein des plages maritimes, qui la compoſent en très-grande partie? Avec quelle impétuoſité l'athmoſphere de la zone torride, immenſément enflée & par la chaleur & par l'évaporation, ne doit-elle pas ſe déborder vers les poles? Enſuite, quand les vapeurs & les exhalaiſons accumulées ſur la zone torride empêchent le ſoleil d'échauffer la terre & la mer de ces contrées, ou que ce prodigieux amas de vapeurs ſe réſout en pluie; quels vuides immenſes doivent ſe former dans l'athmoſphere de cette zone! Avec quelle violence, l'air auparavant condenſé & accumulé vers les poles, ne doit-il pas refluer & ſe précipiter des zones tempérées dans la zone torride, des zones glaciales dans les zones tempérées!

Aſſez communément le vent du midi aſſemble les nuages, & le vent du nord les diſſipe.

Dans le premier cas, les débordements aériens, dans leſquels ſont répandues les vapeurs, tendent d'une grande étendue de la circonférence de l'équateur, vers un point unique qui eſt le pole : leur direction eſt convergente; elle rapproche & condenſe les vapeurs. Dans le ſecond cas, les débordements aériens tendent d'un point qui eſt le pole, vers une grande étendue de l'équateur : leur direction eſt divergente; elle écarte, raréfie, diſſipe les vapeurs.

II°. La fonte des neiges occaſionne des vents. La raiſon en eſt, que les neiges, en ſe fondant, ſe réduiſent en grande partie en vapeurs; & que ces vapeurs enflent notablement la portion de l'athmoſphere où elles vont ſe placer. Delà le reflux de cette portion de l'athmoſphere, dans l'athmoſphere des contrées voiſines : delà des vents, dont la direction partira des contrées où la neige ſe diſſout.

III°. La différente poſition du ſoleil relativement à la terre, doit donner des vents périodiques. La raiſon en eſt, que l'aſpect du ſoleil varie ſucceſſivement les ſaiſons dans les différentes contrées; où il produit tantôt une plus grande raréfaction & une plus grande évaporation, tantôt une raréfaction & une évaporation incomparablement moindres. L'athmoſphere, dont les différentes portions ſont ſoumiſes aux mêmes changements périodiques de ſaiſon que les contrées qu'elles enveloppent, doit donc ſe dilater & ſe condenſer périodiquement chaque année dans les différentes contrées; tantôt refluer & ſe déborder d'une plage ſur les plage voiſines; tantôt eſſuyer un reflux d'air, de la part des plages environnantes : delà des vents périodiques.

IV°. Il doit y avoir ſouvent dans une même contrée, des vents oppoſés dans leur direction, dont l'un inférieur tendra du nord au midi, par exemple; & l'autre ſupérieur tendra du midi au nord. La raiſon en eſt, que l'athmoſphere inférieure peut eſſuyer une grande raréfaction qui la fera refluer vers le midi, par exemple; tandis que l'athmoſphere plus élevée & plus éloignée de la terre, eſſuiera une grande condenſation qui la fera refluer vers le nord.

V°. Le vent doit ſouffler par ſecouſſes & par bouffées. La raiſon en eſt, que les courants aériens ſont produits par des raréfactions ou par des condenſations qui ne peuvent être que ſubites & intermittentes dans des couches, les unes plus, & les autres moins denſes; leſquelles réſiſtent & agiſſent néceſſairement avec une force inégale, avec une force proportionnée à leur différente denſité & à leur différent reſſort. Les différentes réflexions qu'eſſuient ces courants aériens contre les montagnes, contre les collines, contre les forêts, contre les bâtiments, contribuent auſſi pour beaucoup à cette éternelle alternative de ſecouſſes, de bouffées plus ou moins fortes, qui ſe font ſentir dans l'action des vents.

VI°. Les entrailles de la terre doivent auſſi produire des vents. La raiſon en eſt, qu'il y a dans le ſein de la terre, des corps qui ſe pourriſſent, des corps qui fermentent, des corps qui s'embraſent & ſe calcinent. La diſſolution de ces corps fait ſortir de leur ſein un très-grand volume d'air, qui par ſa force expanſive cherche à s'ouvrir un paſſage dans l'athmoſphere, tantôt à travers les pores de la terre, tantôt

tantôt à travers les fentes des rochers. (719.)

Action des vents.

852. OBSERVATION. La force des vents eſt, comme dans toutes les forces motrices, le produit d'une maſſe par une vîteſſe. C'eſt de ce réſultat que naît l'action des vents ſur les vaiſſeaux qu'ils voiturent au ſein des mers, ſur les moulins qu'ils appliquent à tant d'uſages différents, ſur les arbres qu'ils déracinent, ſur les maiſons qu'ils renverſent. (841.)

I°. Dans les *moulins à vent*, quatre ailes, qui font la fonction de leviers, préſentent obliquement leur plan à la direction du vent, qui fait la fonction de puiſſance motrice. Le vent, qui agit continuellement ſur ces quatre plans avec une très-grande vîteſſe & en répétant à chaque inſtant ſes impulſions accumulées, les oblige de reculer ſans ceſſe: ce qu'ils ne peuvent faire, qu'en tournant & en faiſant tourner l'arbre auquel ils ſont fixés, & qui met en jeu toute la machine.

Les moulins à vent ſont conſtruits de telle façon, que leur partie méchanique peut rouler ou tourner toute entiére ſur un grand pivot vertical & immobile; pour préſenter toujours favorablement leurs ailes à l'impulſion du vent, à meſure que le vent change: à peu près comme la grue méchanique roule autour de ſa ſoupente. (453.)

II°. Les *girouettes* marquent la direction des vents: parce que le plan qu'elles préſentent à l'impulſion des courants aériens, en prend néceſſairement la direction. Mais elles ne marquent que la direction du vent qui les affecte, lequel,

par le moyen des différentes réflexions, peut avoir un cours fort différent de celui qui regne librement dans la région de l'air ſupérieure aux montagnes, aux collines, aux édifices voiſins.

III°. Ces eſpeces de chaſſis couverts de papier ou d'une toile très-fine & très-légere, & qu'on nomme *cerfs-volants*, s'élevent & ſe ſoutiennent dans l'air, à une très-grande hauteur, par l'impulſion du vent. (*fig.* 10.)

La corde qui retient le cerf-volant AB, *ab*, eſt toujours attachée de telle façon que le plan AB, *ab*, ſe préſente obliquement à la direction DC, *dc*, du vent. L'impulſion de ce courant aérien tend donc toujours à faire monter ce plan incliné, tant que ce plan incliné ſe préſente à ſon action ſous un angle convenable.

Le vent nous fait éprouver quelquefois une action aſſez ſemblable à celle qui éleve le cerf-volant AB; ſavoir, quand nous nous promenons en préſentant obliquement à ſon impulſion, le paraſol que nous tenons dans nos mains. Nous ſentons que ce paraſol tend à s'élever & à nous entraîner avec lui au ſein des airs.

RÉSULTAT GÉNÉRAL, OU

853. CONCLUSION. On voit par tout ce que nous venons d'obſerver, d'expliquer, de démontrer, dans cette théorie de l'air, combien curieuſe eſt cette partie de la phyſique. Quoiqu'elle puiſſe aiſément fournir une abondante matiere à un grand nombre de volumes, nous oſons nous flatter d'avoir réuni dans un fort petit traité, tout ce qu'il y a d'eſſentiel & d'intéreſſant à connoître ſur cet objet.

THÉORIE
DES ÊTRES SENSIBLES,
OU
COURS COMPLET
DE PHYSIQUE.

SIXIEME TRAITÉ.
THÉORIE DE LA LUMIERE.

SA NATURE, SA SOURCE, SES COULEURS.

LOIX DE SA PROPAGATION hors de l'œil & dans l'œil : Optique, Catoptrique, Dioptrique.

SES RAPPORTS AVEC LE FEU : feu élémentaire, phlogistique.

SES RAPPORTS AVEC LE FLUIDE ÉLECTRIQUE : électricité artificielle, électricité naturelle.

THÉORIE

DES ÊTRES SENSIBLES,

OU

COURS COMPLET

DE PHYSIQUE.

SIXIEME TRAITÉ.

THÉORIE DE LA LUMIERE.

LA nature de la Lumiere, les loix de ſa propagation, ſon analogie avec le feu, ſes rapports avec la matiere électrique; tel eſt le riche & brillant objet de ce traité, que nous diviſerons en quatre ſections.

PREMIERE SECTION.

NATURE DE LA LUMIERE.

854. DESCRIPTION I. LA *lumiere* eſt ce ſubtil & brillant fluide, qui frappant nos yeux, y trace l'image des objets ſenſibles, y peint leurs figures, leurs ſituations, leurs couleurs.

I°. *La lumiere eſt une ſubſtance diſtinguée & de l'organe qui voit, & de l'objet qui eſt vu :* puiſque c'eſt le moyen de communication par lequel l'œil atteint les objets ſéparés de lui, & ſans lequel il n'a abſolument aucune priſe ſur ces objets.

II°. *La lumiere eſt une vraie matiere, un vrai corps :* puiſqu'elle a en partage le mouvement, réſultat néceſſaire d'une maſſe par une vîteſſe, lequel ne peut convenir qu'à une vraie matiere. Nous augmentons, nous diminuons, nous réfléchiſſons & nous réfractons à notre gré, ce mouvement de la lumiere : preuve évidente & démonſtrative que la lumiere eſt une vraie ſubſtance matérielle, qui ſeule peut affecter nos ſens, qui ſeule peut ſe prêter à nos expériences : *Tangere enim & tangi, niſi corpus, nulla poteſt res.* On voit par là combien abſurde & déraiſonnable eſt l'opinion de quelques philoſophes à idées biſarrement paradoxales, qui ont voulu faire de la lumiere une ſubſtance intermédiaire entre la matiere & l'eſprit.

III°. *Les parties élémentaires, ou les molécules, de la lumiere, doivent être d'une ténuité qui va comme*

infiniment au-delà de tout ce que peut concevoir notre imagination, quand elle ſe répréſente les objets les plus imperceptibles. Car comme la lumiere vient du ſoleil à nous en ſept ou huit minutes (897), & que ſes molécules ont une vîteſſe au moins 4,845,227 fois plus grande que celle d'un boulet de canon qui bat en breche (391); ſi ces molécules lumineuſes avoient quelque proportion de maſſe avec les plus petits corps que ſaiſiſſent nos ſens ou que notre imagination peut concevoir, leur maſſe multipliée par cette exceſſive vîteſſe, donneroit une immenſe quantité de force motrice, capable de donner la mort à toutes les eſpeces vivantes; de foudroyer & de mettre en pieces les forêts, les édifices, les rochers; de produire dans toutes les parties de notre globe, des ſecouſſes plus violentes peut-être que celles des bombes & des boulets de canon.

IV°. Nous obſerverons ailleurs, que *les molécules de la lumiere different entre elles en maſſe*; qu'il y en a de plus grandes ou de plus maſſives les unes que les autres; & que toute portion ſenſible de lumiere, en ſortant du corps lumineux, renferme ſept eſpeces différentes de molécules, mêlées & confondues enſemble, mais qui peuvent ſe ſéparer, & que l'on peut ſe figurer ſous l'image des globules alignés AB, CD, EF, GH, dont la maſſe eſt différente. (*fig.* 9.)

V°. Comme l'inconcevable petiteſſe des molécules de la lumiere, les dérobe néceſſairement à nos obſervations; il nous eſt impoſſible de décider avec certitude, *quelle eſt la figure des molécules lumineuſes*: on ne peut donc avoir ſur cet objet, que de vaines conjectures qui n'apprennent

rien. La figure ſphérique eſt celle qui paroît le mieux convenir à la mobilité, à la réflexibilité, à la réfrangibilité qu'on obſerve dans la lumiere; & c'eſt cette figure qu'attribuent communément les phyſiciens aux infiniment petites molécules de cette matiere.

Rayon de lumiere.

855. DESCRIPTION II. On nomme *rayon de lumiere*, un amas conſidérable de globules ou de molécules de cette matiere, emané avec une inconcevable vîteſſe du ſein du corps lumineux, ou réfléchi par une ſurface impénétrable & polie. Tel eſt le rayon A C H, qui entre dans une chambre fermée par le trou d'un volet de fenêtre (*fig.* 15): tel eſt encore le rayon CABC, qui parti d'une étincelle, ou d'une bougie allumée, ou d'une étoile C, va affecter l'œil AB. (*fig.* 13.)

I°. Comme chaque globule ou molécule de lumiere n'a qu'une maſſe infiniment petite; il eſt clair qu'une ſuite iſolée de globules alignés ſeroit peu propre à faire une impreſſion ſenſible ſur notre œil, lequel ne ſeroit frappé & affecté que dans une infiniment petite portion de lui-même. C'eſt pourquoi tout rayon ſenſible de lumiere doit être conſidéré comme un faiſceau ou comme un cône lumineux, compoſé d'un nombre conſidérable de petits torrents iſolés de lumiere CBAC. (*fig.* 13.)

II°. Quelque petiteſſe que l'on ſuppoſe au corps lumineux, par exemple, à une étincelle échappée du ſein d'un caillou; ſa lumiere ſe fait ſentir de toute part à une diſtance conſidérable. Echappée du ſein du caillou, cette étincelle darde

& fait ſentir ſa lumiere dans tous les points quelconques d'une chambre, d'où l'on peut mener une ligne droite juſqu'à elle : il faut donc que cette étincelle C, s'épanouiſſe, non en un ſeul rayon CR, mais en un nombre immenſe de rayons, qui tous divergents tendent en lignes droites comme d'un centre vers tous les points d'une ſurface ſphérique.

III°. On doit donc conſidérer tous les corps lumineux, par exemple, le ſoleil, les étoiles, une bougie allumée, comme des *centres rayonnants*, d'où s'épanouiſſent en tous ſens des rayons alignés & divergents de lumiere, leſquels aboutiſſent d'une part au point rayonnant; & de l'autre, à tout point ſenſible de l'eſpace environnant, où un œil peut être placé.

Nous allons obſerver & développer, autant qu'il eſt poſſible, dans cette premiere ſection, deux grands phénomenes de la lumiere, le phénomene de ſa diffuſion & le phénomene de ſes couleurs.

PARAGRAPHE PREMIER.

DIFFUSION DE LA LUMIERE.

LA lumiere qui dans un beau jour ſemble emplir & inonder l'immenſité des cieux; qui dans une belle nuit, s'épanouit en mille & mille faiſceaux, de notre œil à tous les points rayonnants du firmament, eſt-elle un fluide perſévéramment exiſtant dans la nature, & qui n'ait beſoin pour briller, que d'être agité & ébranlé par le corps lumineux? Ou bien eſt-elle un fluide

qui par une émanation continuelle, jailliſſe à chaque inſtant du ſein du corps lumineux, par exemple, du ſoleil & des étoiles ? Grand ſujet de diſpute entre les diſciples de Deſcartes & de Newton, dont les ſyſtêmes oppoſés diviſent & partagent le monde philoſophique.

Hypotheſe de Deſcartes.

856. SYSTÊME I. Selon Deſcartes, la lumiere eſt fluide exiſtant hors du corps lumineux, répandu jour & nuit dans toute la nature, empliſſant les eſpaces immenſes qui nous ſéparent du ſoleil, des planetes, des étoiles : elle conſiſte dans les globules durs & incompreſſibles de ſon ſecond élément (163). Ces globules, agités & ébranlés par le choc du corps lumineux, par exemple, par la rotation & la fermentation du ſoleil, reçoivent un mouvement ou une tendance au mouvement, qui ſe communique en un inſtant à des diſtances immenſes. (*fig.* 11.)

Ce mouvement imprimé aux globules qui touchent le corps lumineux, & communiqué par ceux-ci de proche en proche aux globules les plus éloignés, vient-il à affecter l'organe de la vue ? Il occaſionne aux fibres de l'œil une ſenſation organique, à la quelle eſt attachée une ſenſation ſpirituelle dans l'ame. (*Mét.* 176.)

Ainſi, ſelon Deſcartes, la lumiere qui actuellement me fait voir le ſoleil, en traçant ſon image dans mon œil, n'eſt point une matiere échappée du ſein de cet aſtre avec une vîteſſe immenſe : c'eſt une matiere perſévéramment répandue entre le ſoleil & moi ; & que le ſoleil, en fermentant & en roulant inceſſamment ſur ſon axe, met en mouvement, ou tend à mettre

en mouvement. Les globules qui touchent immédiatement le ſoleil, reçoivent de cet aſtre des ſecouſſes qu'ils communiquent aux globules contigus, & que ceux-ci impriment à leur tour à d'autres globules contigus, & ainſi de ſuite, juſqu'à mon œil. Comme ces globules ſont tous incompreſſibles & tous contigus; l'impreſſion paſſe en un inſtant du premier, qui touche le ſoleil, juſqu'au dernier, qui eſt appuyé ſur mon œil. Figurez-vous une baguette d'acier, inflexible & incompreſſible, qui s'étende de votre main juſqu'au ſoleil: le mouvement ou la tendance au mouvement, que le ſoleil imprimera à une de ſes extrêmités, ſe communiquera à l'inſtant à l'autre extrêmité, & ſe fera ſentir à votre main.

RÉFUTATION. Ce ſyſtême, aujourd'hui généralement abandonné, eſt ruineux à toute ſorte d'égards. (*fig.* 11.)

I°. Parce qu'il ſuppoſe l'exiſtence du plein, ou l'abſence du vuide, dans la nature: hypotheſe qui n'eſt nullement admiſſible, & que nous renverſerons ailleurs de fond en comble. (1399.)

II°. Parce qu'il fait inſtantanée la diffuſion de la lumiere, diffuſion que les obſervations aſtronomiques démontrent ſucceſſive (894). Par exemple, nous ne voyons le ſoleil ſe lever dans l'horiſon, abſtraction faite de la réfraction, que ſept à huit minutes après qu'il s'eſt réellement trouvé dans l'horiſon; la lumiere qu'il produit ou qu'il agite en atteignant l'horiſon, mettant ſept ou huit minutes à ſe porter ou à tranſmettre ſon ébranlement, du ſoleil juſqu'à nous.

III°. Parce qu'il eſt incompatible avec une des principales propriétés de la lumiere, ſavoir,

avec ſon élaſticité : comment accorder l'élaſticité & la réflexibilité de la lumiere, avec des globules durs & incompreſſibles, qui ne peuvent avoir aucune réaction, aucune vertu élaſtique ?

IV°. Parce que dans ce ſyſtême, nous devrions avoir à minuit à peu près la même lumiere qu'à midi. Car nous avons obſervé dans l'hydroſtatique, que ſi un fluide incompreſſible, contenu dans un vaſe plein, eſt heurté ou preſſé dans un point quelconque ; le choc ou la preſſion ſe porte également & en tous ſens à tous les points de ce fluide (622). D'où il s'enſuit que tandis que le ſoleil S tourne ſur ſon centre ; les colonnes fluides & lumineuſes SAD, SBVD, doivent éprouver ſes ſecouſſes, auſſi bien que la colonne SB ; & que l'œil placé derriere la terre en D, doit recevoir & ſentir l'impulſion du ſoleil, d'où dépend la viſion, de même que s'il étoit placé en B.

857. REMARQUE. Les diſcipes de Deſcartes, tels entre autres que Malebranche & Privat de Molieres, ont réformé le ſyſtême de leur maître, en changeant les globules durs & incompreſſibles, en globules compreſſibles & élaſtiques. Par ce moyen ils rendent raiſon & de la *réflexibilité de la lumiere*, dont les globules compreſſibles ſont doués d'une élaſticité parfaite ; & de la *diffuſion ſucceſſive de la lumiere*, qui doit néceſſairement employer une ſucceſſion d'inſtants pour recevoir une compreſſion & exercer une réaction dans une ſuite immenſe de globules SB, SAD, dont le reſſort ne peut s'étendre & ſe détendre que ſucceſſivement. (*fig.* 11.)

Mais cette réforme, qui pare à deux inconvénients du ſyſtême de Deſcartes, lui laiſſe & la

chimérique ſuppoſition du plein, & l'abſurde conſéquence de confondre le jour avec la nuit. Car ſoit le ſoleil S, la terre T, enveloppés l'un & l'autre d'un océan de globules élaſtiques, qui empliſſent toute la nature. Je dis qu'un œil placé en D, à minuit, doit voir le ſoleil, tout comme s'il étoit placé en B à midi; & je le démontre. Tandis que la ſuite de globules SA, comprimée par l'action impulſive du ſoleil, comprime le globule A; ce globule A comprimé doit s'étendre & s'alonger vers ſes poles *m n*, & communiquer ſon mouvement à la ſuite de globules AD: l'œil placé en D doit donc être affecté par le mouvement que le ſoleil imprime aux globules SAD ou SBVD, comme il ſeroit affecté en B par le mouvement que le ſoleil imprime aux globules SB. L'élaſticité étant ſuppoſée parfaite dans les globules lumineux; il eſt clair que dans le globule A, la réaction *m n* doit être égale à l'action, ou à la force qui le comprime; & que cette réaction doit agir en D.

Dans ce ſyſtême ainſi réformé, la lumiere devroit ſe répandre & ſe propager en tout ſens & ſelon toute direction, comme le ſon; ſans être empêchée par un corps impénétrable placé entre le corps lumineux S & l'organe de la vue en D: ce qui eſt diamétralement contraire à l'expérience. Donc ce ſyſtême ainſi réformé eſt à peu près auſſi ruineux & auſſi inadmiſſible, qu'auparavant.

Hypotheſe de Newton.

858. SYSTÊME II. Selon Newton, la lumiere n'eſt point un fluide exiſtant hors du corps lumineux: c'eſt un torrent de particules infiniment

petites, que le corps lumineux darde inceſſamment de ſon ſein avec une inconcevable vîteſſe, & qui ſe portent en ligne droite à des diſtances immenſes dans les eſpaces vuides. Le corps lumineux eſt comme un centre de ſphere; & les jets ou torrents de lumiere, en ſont comme les rayons.

Cette hypotheſe, ſi l'on peut encore donner ce nom à une théorie certaine & indubitable, ſuppoſe un vuide immenſe dans la nature; vuide dont nous démontrerons ailleurs l'exiſtence. (1399.)

PROPOSITION.

859. *La lumiere eſt fluide qui émane du ſein du corps lumineux.*

DÉMONSTRATION. I°. Il eſt évident que la lumiere doit être néceſſairement, ou un fluide exiſtant hors du corps lumineux & ébranlé par le corps lumineux, ou un fluide dardé par le corps lumineux & émané du corps lumineux: il n'y a point de milieu pour la lumiere, entre ces deux manieres d'être & de ſe faire ſentir. Or nous venons de démontrer que la lumiere n'eſt point un fluide étranger au corps lumineux, & perſévéramment répandu dans toute la nature autour du corps lumineux (857): donc la lumiere eſt un fluide que le corps lumineux darde de ſon ſein. (*fig.* 13.)

II°. La théorie que nous admettons ſur l'origine de la lumiere, s'accorde parfaitement & avec les loix de la phyſique & avec les phénomenes de la lumiere. Car, que l'on conçoive ſimplement le ſoleil & les étoiles, comme d'im-

menſes fournaiſes, embraſées d'un feu très-actif & très-violent : on verra découler delà toute la théorie de la lumiere. Ces fournaiſes ardentes darderont de leur ſein une infinité de torrents divergents d'une matiere très-ſubtile, qu'un mouvement très-rapide emportera librement & ſans obſtacle en lignes droites à travers les eſpaces immenſes : delà l'*inconcevable vîteſſe de la lumiere*, & ſon mouvement en ligne droite & en rayons divergents. Ces particules élancées par la fermentation ou par l'embraſement hors du corps lumineux, & mues dans des eſpaces vuides avec une vîteſſe comme infinie, ſont parfaitement élaſtiques par leur nature, & rencontrent quelquefois des ſubſtances qu'elles ne peuvent pénétrer ; elles doivent donc ſe réfléchir ſur ces ſubſtances : delà la *réflexion de la lumiere*, à la rencontre d'un corps impénétrable. Ces mêmes particules viennent-elles à rencontrer obliquement dans leur route, un corps pénétrable qui réſiſte plus ou moins à leur primitive direction ? Elles doivent y infléchir leur mouvement, & changer de direction : delà *la réfraction de la lumiere*, quand d'un milieu elle paſſe obliquement dans un autre milieu plus ou moins acceſſible, plus ou moins facilement pénétrable pour elle.

III°. La maniere dont nous excitons le feu & la lumiere, s'accorde aſſez bien avec l'idée que nous venons de nous former du ſoleil & des étoiles. Une bougie allumée n'éclaire qu'en diſſipant en tout ſens ſa ſubſtance : une bûche, placée ſur le feu, ne produit la lumiere, qu'en ſe conſumant & en ſe diviſant en molécules d'une inconcevable ténuité, que l'action du feu diſſipe en tout ſens. Donc la théorie que nous

adoptons ſur l'origine & ſur la diffuſion de la lumiere, eſt indubitablement le ſyſtême de la nature. C. Q. F. D.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

860. OBJECTION I. Si la lumiere du ſoleil, par exemple, étoit une ſubſtance émanée du ſein de cet aſtre, la ſubſtance du ſoleil devroit depuis long-tems être totalement diſſipée & épuiſée. Car quels énormes ruiſſeaux de matiere lumineuſe ne faudroit-il pas en faire jaillir perſévéramment, pour aller éclairer & remplir tous les eſpaces immenſes qui le ſéparent de toute part des étoiles, & où ſa lumiere va indubitablement ſe faire par-tout ſentir !

RÉPONSE. Cette objection effraye plus l'imagination que la raiſon : nous allons tranquilliſer l'une & l'autre, en faiſant voir que cette émanation continuelle de matiere lumineuſe ne doit point ſenſiblement appauvrir le ſoleil ; qui d'une part perd moins qu'on ne l'imagine, & qui de l'autre gagne à peu près autant qu'il perd.

I°. *Le ſoleil peut darder de ſon ſein la lumiere, ſans perdre beaucoup de ſa ſubſtance.* Car comme la matiere eſt diviſée au-delà de tout ce que notre imagination peut concevoir (20) ; comme elle eſt de plus diviſible à l'infini (60) ; il eſt clair qu'on peut inconteſtablement ſuppoſer la plus petite portion ſenſible de matiere, par exemple, une quantité égale à un très-petit grain de ſable, diviſée en autant & plus de parties, qu'il y a de points ſenſibles dans l'eſpace immenſe des cieux (61). Que l'on ſuppoſe la matiere lumineuſe que darde le ſoleil, ainſi diviſée : on concevra aiſément comment une très-petite quantité de la ſubſtance

ſubſtance ſolaire, peut par une émanation continuelle, diſtribuer pendant un tems conſidérable, la lumiere dans tous les eſpaces compris entre le ſoleil & les étoiles. Si un petit grain de muſc peut exhaler de ſon ſein pendant plus de vingt ans, des torrents continuels de corpuſcules odorants, ſans diminuer ſenſiblement en poids & en maſſe (33. III°.); pourquoi l'énorme maſſe du ſoleil, un million de fois environ plus grande que celle de notre globe, ne pourra-t-elle pas être ſoumiſe à une ſemblable émanation, ſans qu'on y apperçoive aucune diminution ſenſible?

II°. *Le ſoleil doit acquérir à peu près autant de ſubſtance lumineuſe qu'il en perd.* Appellons tourbillon ou ſyſtême ſolaire, l'eſpace intercepté entre le ſoleil & les étoiles, dans lequel les planetes & les cometes font leurs révolutions. D'abord, les étoiles, lumineuſes comme le ſoleil, dardent dans le tourbillon ſolaire à peu près autant de lumiere, que le ſoleil en lance dans les différents tourbillons des étoiles: ce commerce, cet échange de matiere lumineuſe, ne doit donc point appauvrir le ſoleil. Enſuite la lumiere que le ſoleil répand dans ſon tourbillon, & qui ne ſort point de ſon tourbillon, retombe en très-grande partie vers le ſoleil, où l'emporte ſa gravitation où ſon attraction vers cet aſtre, quand le mouvement de projection eſt éteint & épuiſé.

Ainſi, en ſuppoſant même aſſez conſidérable la quantité de matiere qui ſort inceſſamment du ſoleil; cette perte, ſans ceſſe réparée, ne devroit point l'appauvrir: comme les vapeurs & les exhalaiſons qui s'échappent ſans ceſſe du ſein de la terre, ne diminuent point ſenſiblement ſa maſſe; parce que ces vapeurs & ces exhalaiſons

y reviennent ou en même nature ou en ſubſtances équivalentes.

861. REMARQUE. On ne doit point concevoir l'embraſement du ſoleil, comme celui des corps combuſtibles qui ſe conſument ſous nos yeux. Une bougie qui m'éclaire, conſume & diſſipe toute ſa ſubſtance dans ſix ou ſept heures. Mais la ſubſtance de cette bougie ne ſe convertit pas toute entiere en lumiere : une grande partie ſe réſout en vapeur & en fumée ; une autre partie conſidérable en air, une autre partie encore, en charbon & en cendres. Si l'on diviſoit la ſubſtance de cette bougie en cent millions ou billions de parties ; à peine s'en trouveroit-il une peut-être, convertie en lumiere & employée à m'éclairer.

Mais la ſubſtance ſolaire, du moins celle que la fermentation inteſtine fait jaillir en torrents lumineux juſqu'à nous, n'a ni air, ni vapeurs, ni cendres, qui ſe diſſipent hors du ſein de cet aſtre, & qui puiſſent ſenſiblement l'appauvrir. Si l'embraſement ſolaire renferme des ſubſtances craſſes, ſemblables à celles du feu terreſtre, ces ſubſtances, diviſées & conſumées, retombent dans le ſein du ſoleil par leur peſanteur : comme les laves & les cendres d'un volcan retombent vers le centre de la terre, non loin du volcan qui les élance & les diſſipe dans les airs.

862. OBJECTION II. De la théorie que nous adoptons ſur l'origine de la lumiere, découle une abſurdité palpable ; ſavoir, qu'au-delà des étoiles les plus éloignées de nous, & hors de l'enceinte du monde qui eſt néceſſairement fini dans l'eſpace infini (*Mét.* 439, 442) ; il doit y avoir une vraie matiere, la matiere de la lumiere,

dont le mouvement dans le vuide doit perſévérer pendant l'infinie durée des tems, e ns'éloignant ſans ceſſe de ſa ſource avec une inconcevable vîteſſe. Je le démontre. Selon la théorie du mouvement, un corps conſerve ſa vîteſſe & ſa direction, juſqu'à ce que quelque cauſe y vienne occaſionner un changement (307) : or la matiere lumineuſe, dardée dans les vuides immenſes, n'y rencontre aucune cauſe capable de changer ou ſa vîteſſe ou ſa direction : donc la matiere lumineuſe, qui dardée du ſein du ſoleil ou d'une étoile, ne rencontre dans ſa route aucune planete, aucune comete, aucune étoile, doit ſe mouvoir perſévéramment ſelon ſa direction & avec ſa vîteſſe primitives, & s'éloigner à l'infini dans les eſpaces infinis.

RÉPONSE. Il eſt facile d'aſſigner la cauſe qui doit empêcher la lumiere du ſoleil & des étoiles, d'aller ſe perdre dans les eſpaces infinis au-delà des limites du monde. Cette cauſe eſt la gravitation générale de la matiere vers certains centres.

I°. La lumiere, ainſi que toute autre matiere, a une gravitation en vertu de laquelle elle tend ou vers le centre du ſoleil, ou vers le centre de quelque étoile, ou vers le centre de quelque planete ou comete, ſelon qu'elle eſt plus près & plus fortement attirée par quelqu'un de ces corps.

II°. La lumiere du ſoleil, par exemple, en ſortant du ſein de cet aſtre avec une inconcevable vîteſſe, a une cauſe retardatrice & deſtructrice de ſon mouvement, même au ſein d'un vuide parfait, ſavoir, ſa gravitation vers le ſoleil, laquelle s'oppoſe à la permanence de ce mouvement ; ainſi que la gravitation d'une balle

de fusil, tirée vers le zénith, détruit peu à peu & enfin totalement son mouvement, quand même l'air ne lui opposeroit aucune résistance. (1440.)

III°. Il résulte delà que la lumiere du soleil ou des étoiles, élancée au-delà des barrieres ou des limites du monde, doit en vertu de sa gravitation qui détruit peu à peu son mouvement primitif, revenir enfin sur elle-même, & se porter vers l'astre opaque & lumineux qui se trouvera plus à portée de sa route, & qui exercera contre elle une attraction active plus forte & plus puissante.

On voit, par tout ce que nous venons de dire sur cet objet, combien la théorie que nous adoptons sur l'origine de la lumiere, sympatise avec la plus simple théorie du mouvement; avantage qui manque totalement à la fabuleuse hypothese que nous combattons, & qui fait de la lumiere un fluide paisiblement répandu autour du corps lumineux & empliſſant l'immensité de la nature.

863. OBJECTION III. Dans la théorie que nous adoptons, les jets ou torrents de lumiere que dardent de leur sein en tout sens plusieurs corps lumineux, devroient, en se croisant en mille millions de manieres, se troubler & se confondre. Car soient quatre bougies, par exemple, allumées aux quatre coins d'une chambre : nous n'en considérerons ici que deux. (*fig.* 20.)

Comme le corps lumineux répand de tous côtés sa lumiere en ligne droite; il est clair que le rayon *a* A *a*, dardé par la bougie A, doit être arrêté & troublé dans son cours par le rayon opposé *b* B *b*, dardé par la bougie B. Si

les forces de ces rayons oppoſés ſont égales, elles ſe détruiſent ; & on ne doit voir ni la bougie A, ni la bougie B. Si les forces de ces rayons oppoſés ſont inégales, on ne doit voir que la bougie dont la lumiere eſt plus forte : conſéquences totalement contraires à l'expérience.

RÉPONSE. C'eſt un abus aſſez commun, en genre de ſciences, d'oppoſer à un ſyſtême que l'on combat, des difficultés qui lui ſont communes avec le ſyſtême que l'on adopte, ou que l'on eſt forcé d'adopter. La difficulté dont il s'agit ici, eſt de ce genre : elle eſt inévitablement commune à tout ſyſtême ſur la nature & ſur la propagation de la lumiere (901). Car il eſt évident que la lumiere eſt néceſſairement, ou un fluide émané du ſein du corps lumineux, ou un fluide préexiſtant autour du corps lumineux & mis en jeu par l'action du corps lumineux : il n'y a certainement point de milieu entre ces deux choſes. Or il eſt clair que la difficulté objectée a également lieu, ſoit que les rayons *a* A *a*, *b* B *b*, A R, B R, brillent par preſſion, ſoit qu'ils brillent par émanation. (*fig.* 20.)

I°. Ceux qui ſoutiennent que la lumiere eſt produite *par preſſion*, répondent que la bougie allumée A & la bougie allumée B exercent leur action impulſive ſur différentes ſuites de globules alignés, qui à raiſon de leur infinie petiteſſe, ſe meuvent ou tendent à ſe mouvoir ſéparément les uns à côté des autres, ſans troubler leur action reſpective. Cette réponſe peut-elle ſe concilier avec la ſuppoſition du plein & avec l'idée du fluide qui forme ce plein, plus ou moins parfait ?

II°. Ceux qui prétendent & démontrent que la lumiere eſt produite *par émanation*, répondent

que les molécules dardées par la bougie A & par la bougie B, étant d'une infinie petiteſſe, trouvent aiſément dans les vuides de l'eſpace où elles ſont élancées, des ſentiers libres dans leſquels leur marche n'eſt point interrompue : que ſi quelques molécules ſe rencontrent par haſard dans leur courſe oppoſée, elles ſe réfléchiſſent ſelon les loix des corps élaſtiques, ſans aller faire dans l'œil où elles aboutiront après leur choc, une impreſſion aſſez ſenſible pour y peindre la flamme de la bougie ; parce qu'elles n'y arrivent pas & en quantité ſuffiſante & dans un ordre convenable pour produire cet effet.

Si mille bougies brilloient à la fois dans une vaſte ſalle ; un ſeul & même œil pourroit les voir toutes à la fois : parce que les jets lumineux que chacune darde de ſon ſein, trouvent dans les vuides de l'eſpace D ou R où ils ſe croiſent, des ſentiers libres où ils peuvent tous paſſer en quantité ſuffiſante pour aller affecter ſenſiblement le même œil, & y tracer l'image du corps qui les produit & les darde.

De même, la lumiere réfléchie ne trouble point le mouvement de la lumiere directe : parce que l'une & l'autre trouve dans les vuides de l'eſpace où elle ſe meut, des ſentiers à part, où ſes molécules, d'une inconcevable ténuité, ont un libre paſſage. Quelque vive que ſoit la lumiere dans un eſpace R, la ſomme de toutes ſes molécules, réunie en une ſeule & même maſſe, n'occuperoit pas ſans doute la cent-mille-millionieme partie de l'eſpace où elle ſe meut : eſt-il donc ſurprenant que ces molécules ſe croiſent & ſe meuvent dans cet eſpace, ſans troubler ſenſiblement leur cours ?

III°. Cette difficulté, loin d'abattre la théorie que nous donnons ſur l'origine & la propagation de la lumiere, ſe convertit en preuve qui la cimente & la conſolide : parce que, réſolue d'une maniere ſatisfaiſante dans l'hypotheſe du vuide, elle acheve de renverſer la ſeule hypotheſe qu'on pourroit être tenté de lui ſubſtituer.

Je conçois plus facilement la lumiere dans l'hypotheſe de Deſcartes, que dans celle de Newton ; diſoit Ariſte : & moi je la conçois plus facilement dans l'hypotheſe de Newton, que dans celle de Deſcartes ; répondit Clitandre. C'eſt donc à nous d'examiner laquelle de nos deux manieres de concevoir la lumiere, eſt conforme à la nature, qui ne fait pas toujours les choſes comme nous les concevons le plus facilement. Or toute la théorie de la lumiere, toute la théorie du mouvement, toute la théorie de l'aſtronomie phyſique, eſt en oppoſition avec l'hypotheſe de Deſcartes : donc cette hypotheſe n'a rien de commun avec la nature de la lumiere.

PARAGRAPHE SECOND.

DIVERSITÉ DES COULEURS.

864. OBSERVATION. IL faut bien diſtinguer la ſenſation des couleurs, de la cauſe qui produit ou qui occaſionne cette ſenſation.

I°. La *ſenſation des couleurs*, conſidérée dans l'ame, eſt une modification de l'ame même ; modification ſpirituelle, dont la nature ne reſſemble

en rien au ſpectre coloré qu'elle a pour terme & pour objet hors de l'ame.

II°. Cette ſenſation mentale des couleurs eſt produite ou occaſionnée par deux cauſes, dont l'une eſt *intrinſeque à l'homme*, ſavoir, l'impreſſion faite dans l'œil, dans la rétine; & dont l'autre eſt *extrinſeque à l'homme*, ſavoir, la matiere ou la diſpoſition de la matiere qui produit ou qui occaſionne cette impreſſion dans l'organe de la vue. Il ne s'agit ici que de la cauſe extrinſeque des couleurs, ou de la matiere qui nous en procure la ſenſation.

865. OBSERVATION II. Tous les phyſiciens conviennent que la cauſe extrinſeque qui nous fait ſentir les couleurs, n'eſt autre choſe que la matiere même de la lumiere : mais ils different dans l'explication qu'ils donnent de la nature & de l'action de la lumiere ſur l'œil.

I°. Selon Deſcartes, la lumiere eſt toute homogene, toute ſemblable dans les molécules qui la compoſent, & qui ne different ni en nature, ni en maſſe, ni en figure : mais ce *fluide homogene* peut recevoir des vibrations différentes, de la part du corps lumineux, ou du corps qui l'agite & qui l'ébranle. Une eſpece de vibration, excitée dans le fluide lumineux, produit dans l'œil une impreſſion qui fait naître dans l'ame la ſenſation d'une couleur; du verd, par exemple. Une autre eſpece de vibration, plus forte ou plus foible ou en un ſens différent, occaſionne à l'œil une autre impreſſion; & à l'ame une autre ſenſation, par exemple, la ſenſation du violet ou du rouge. Une troiſieme eſpece de vibration dans le fluide lumineux, différente des deux précédentes,

donnera à l'œil & à l'ame la ſenſation d'une couleur différente des deux précédentes ; & ainſi de ſuite.

II°. Selon Newton, la lumiere eſt un *fluide hétérogene*, compoſé de ſept eſpeces de molécules, qui different entre elles ou en maſſe, ou en figure, ou peut-être en l'une & en l'autre, plus vraiſemblablement, uniquement en maſſe. Parmi ces ſept eſpeces de molécules, qui forment le corps de la lumiere (*fig.* 9), il y en a une AB, qui n'occaſionne jamais que la ſenſation du rouge ; une autre CD, qui n'excite jamais que la ſenſation du jaune ; une autre EF, qui ne produit jamais que la ſenſation du bleu ; une autre GH, qui ne donne jamais que la ſenſation du violet ; & ainſi du reſte.

Selon Deſcartes, la roſe & la violette, par exemple, produiſent dans l'œil deux impreſſions fort différentes ; quoiqu'elles réfléchiſſent préciſément la même matiere ou la même eſpece de matiere, dans l'œil : parce que la lumiere, toute homogène, toute compoſée de globules de même nature, de même volume, de même figure, reçoit, en ſe réfléchiſſant ſur la roſe, un genre de mouvement & de vibration fort différent de celui qu'elle prend en ſe réfléchiſſant ſur la violette. Il eſt évident, diſent Deſcartes & Malebranche, que chaque globule de lumiere peut avoir & un *mouvement direct*, qui l'emporte ou tend à l'emporter en ligne droite ; & un *mouvement circulaire*, qui le fait tourner ou tend à le faire tourner ſur ſon centre & ſur ſon axe. Ces deux eſpeces de mouvements peuvent, en ſe combinant, varier à l'infini ; & c'eſt cette variété de combinaiſons dans le mouvement des

globules lumineux, qui donne à l'œil une diverſité de ſenſations, à laquelle eſt attachée la différente perception ou ſenſation des couleurs. La même matiere lumineuſe, avec une telle quantité de mouvement en ligne droite & en ligne circulaire, fera dans l'œil une impreſſion qui donnera la ſenſation du rouge; avec une quantité différente de mouvement ou en ligne droite ou en ligne circulaire, fera dans l'œil une impreſſion différente de la précédente, à laquelle ſera attachée la ſenſation du verd ou du violet.

Selon Newton, la roſe & la violette produiſent dans l'œil deux impreſſions fort différentes : parce qu'elles réfléchiſſent dans l'œil deux différentes eſpeces de matiere lumineuſe. Par exemple (*fig.* 9), la roſe abſorbe ou diſſipe toutes les eſpeces de molécules lumineuſes, à l'exception des molécules AB deſtinées à donner la ſenſation du rouge : elle réfléchit ces dernieres ſeules dans l'œil; & l'œil reçoit la ſenſation du rouge. La *violette* abſorbe ou diſſipe toutes les eſpeces de molécules lumineuſes, à l'exception des molécules GH deſtinées à occaſionner la ſenſation du violet : elle réfléchit ces dernieres ſeules dans l'œil; & l'œil reçoit la ſenſation du violet.

Il eſt clair qu'on auroit pu diſputer à l'infini pour & contre ces deux opinions, ſans rien décider, ſi l'expérience ne fût venue au ſecours des raiſonnements. Le grand Newton entreprit d'analyſer & de décompoſer la lumiere, comme la chymie décompoſe les corps groſſiers; & le réſultat de ſes belles expériences ſemble avoir converti ſon opinion, en vérité démontrée. Voici en précis la maniere & le fond de ſes expériences & de ſes découvertes.

DÉCOMPOSITION DE LA LUMIERE.

866. EXPÉRIENCE. Soit une chambre exposée au soleil, dont les volets bien fermés ne donnent passage à la lumiere que par un petit tuyau d'environ un pouce de diametre. Qu'au rayon solaire ACH, on présente l'angle d'un grand prisme de verre BC: on aura les effets suivants. (*fig.* 15.)

I°. Le rayon solaire AH, au lieu de suivre sa route primitive ACH, se coudera en C; ira se peindre, en s'écartant, sur un carton blanc MN; y présentera sept couleurs différentes, séparées & divisées en tout autant de petits cercles isolés. Ces sept couleurs seront rangées dans l'ordre suivant, en passant des rayons les moins coudés, aux rayons les plus coudés: *rouge*, *orangé*, *jaune*, *verd*, *bleu*, *indigo* ou pourpre, *violet*.

II°. Si on perce le carton MN dans le milieu d'un petit cercle coloré, par exemple, dans le cercle rouge *r*, & que l'on reçoive ce rayon rouge seul & isolé sur un autre prisme de verre DE; ce rayon se coudera de nouveau, & ira se peindre, en s'écartant, sur un nouveau carton F: mais on ne verra sur ce carton F, qu'une unique couleur, la couleur rouge.

III°. Si on perce le carton MN dans un autre cercle coloré, par exemple, dans le cercle violet *v*; ce rayon violet, réfracté & divisé en P par un prisme ou par vingt prismes successifs, ne donnera jamais qu'une couleur violette en G. De même le cercle vert, par quelque nombre de prismes qu'on le fasse passer, ne donne jamais que la couleur verte: & ainsi des autres cercles colorés.

IV°. Quoique le carton MN ſoit par-tout d'une couleur uniforme, d'une couleur blanche; le point de ce carton où tombent les rayons rouges, eſt peint en rouge : le point où tombent les rayons violets, eſt peint en violet : & ainſi du reſte. Si à ce carton blanc on ſubſtitue un carton peint en jaune ou en rouge, le point de ce carton où tomberont les rayons verts paroîtra vert; le point où tomberont les rayons violets, paroîtra violet.

V°. Si avec une grande loupe, on recueille & on réunit tous les rayons qui ſont diviſés en petits cercles colorés ſur le carton MN; ces rayons diverſement colorés prennent, en ſe réuniſſant, une couleur commune, qui eſt le blanc. Réfractés de nouveau par un priſme après leur réunion, ils ſe diviſent, comme auparavant, en diverſes couleurs : ce qui n'arrive point à une eſpece iſolée de rayons colorés, par exemple à l'eſpece rouge; qui réunie par une loupe, & réfractée ſucceſſivement par tant de priſmes qu'on voudra, ne donne jamais qu'une couleur rouge en F, quelle que ſoit ſa denſité, & quel que ſoit l'objet F ſur lequel elle tombe.

De cette expérience découlent différents corollaires contre Deſcartes, contre Malebranche, contre tous ceux qui font conſiſter la lumiere dans une matiere homogene; & les couleurs, dans différentes vibrations de cette matiere homogene, élaſtique ou non élaſtique. Nous allons développer quelques-uns de ces corollaires.

LES COULEURS DANS LES RAYONS.

867. COROLLAIRE I. *La matiere de la lumiere eſt hétérogene :* puiſque les molécules de cette

matiere, en paſſant à travers un même priſme de verre CB, ſouffrent les unes plus & les autres moins de réfraction; ce qui ne devroit point avoir lieu, ſi toutes les molécules qui compoſent le rayon AC, étoient de même maſſe & de même figure. (*fig.* 15.)

I°. Les *rayons rouges* ſont toujours les moins coudés, les moins réfractés, les moins éloignés de la direction primitive & commune ACH: ce qui doit venir de ce que ces rayons ayant plus de maſſe, & par là même plus de force motrice, ils réſiſtent plus fortement & plus efficacement à la cauſe réfractante CB.

II°. Les *rayons violets* ſont toujours les plus coudés & les plus réfractés: ſans doute, parce qu'étant d'une maſſe plus petite, ils ont moins de force motrice que les autres, & cedent plus facilement & plus amplement à la cauſe réfractante CB.

III°. Par la même raiſon, les *autres eſpeces de rayons* ſe coudent & ſe réfractent d'autant plus qu'elles ont moins de force motrice à oppoſer à la réfraction. Ainſi la maſſe de ces molécules lumineuſes doit décroître ſucceſſivement depuis l'eſpece rouge, juſqu'à l'eſpece violette, dans l'ordre que nous avons obſervé dans l'expérience précédente. Les rayons rouges doivent être les plus maſſifs: viennent enſuite, toujours en décroiſſant, les orangés, les jaunes, les verts, les bleus, les pourpres, les violets.

IV°. Le moindre rayon ou filet de lumiere, eût-il moins de volume que le cheveu le plus fin, ſe décompoſe en ſept couleurs différentes, comme le rayon plus volumineux de l'expérience précédente. D'où il s'enſuit que *tout rayon*

ſenſible de lumiere émanée du ſoleil, renferme toujours ſept eſpeces de molécules, qui, quoiqu'unies & mêlangées, different entre elles en maſſe.

868. COROLLAIRE II. *La différence des couleurs a pour cauſe la différence des rayons, & non la différence de leurs vibrations :* puiſqu'une eſpece iſolée de rayons, par exemple, l'eſpece rouge, recueillie & condenſée par une loupe, réfractée & diviſée par un priſme ou par un nombre quelconque de priſmes, ne donne jamais ſur un carton blanc ou vert ou jaune, que la couleur rouge. Pourquoi ces rayons rouges, réunis par une loupe, réfractés par différents priſmes, réfléchis par différents objets, ne prendroient-ils pas différentes vibrations, comme en paſſant par le priſme BC ? Pourquoi, en prenant différentes vibrations, ne s'épanouiroient-ils pas en différentes couleurs, ſemblables à celles du carton MN ; ſi la différence des couleurs avoit pour cauſe le différent mouvement ou la différente vibration des rayons, & non la différence de leur nature ? (*fig.* 15.)

Un obſervateur moderne crut avoir trouvé en défaut le grand Newton ; parce qu'il crut avoir décompoſé le rayon rouge *r* F en différentes couleurs. Il ſe trompa lui-même ; & ſon erreur vint de ce qu'il avoit pris le rayon rouge mal épuré, mal analyſé, & encore mêlangé avec d'autres couleurs. Cette expérience demande les meilleurs priſmes, & exige les plus délicates précautions : mais elle eſt ſûre ; & M. Nollet l'a faite à Paris, comme Newton l'avoit faite à Londres.

869. COROLLAIRE III. *Il n'y a que ſept eſpeces*

de couleurs primitives dans la nature : puiſque la différence des couleurs conſiſte dans la différence des rayons ; & qu'il n'y a que ſept eſpeces de rayons différents.

870. COROLLAIRE IV. *Les couleurs primitives ſont inaltérables :* puiſque réfléchies ou réfractées par quelque eſpece de corps que ce ſoit, elles ne changent pas. Par exemple, ſoit une eſpece primitive de couleurs, le rayon rouge *r*, pur & iſolé. Ce rayon rouge, reçu ſur un carton ou ſur un drap blanc ou noir, vert ou jaune, s'y peint toujours en rouge. Ce même rayon rouge, en paſſant à travers un verre coloré, jaune ou vert, bleu ou violet, en ſort toujours rouge. La même choſe arrive à chaque eſpece primitive de couleurs : chacune conſerve ſa couleur propre, quel que ſoit le corps qui la réfléchit ou la réfracte.

871. COROLLAIRE V. *La différence de couleur dans les objets ſenſibles, vient de la différence des rayons qu'ils réfléchiſſent dans nos yeux :* puiſque les couleurs conſiſtent dans les rayons, leſquels ne peuvent faire telle impreſſion dans notre œil & y peindre l'objet réfléchiſſant, qu'autant qu'ils y ſont répercutés par les objets ſenſibles.

I°. L'*écarlate* excite dans notre œil la ſenſation du rouge : parce que cette étoffe abſorbe & retient toutes les eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece rouge qu'elle réfléchit dans notre œil. Le *ſafran* ſe peint à notre œil ſous une couleur jaune : parce que cette matiere abſorbe & retient toutes les eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece jaune, qu'elle renvoie & réfléchit dans notre œil ; & ainſi des autres couleurs primitives.

II°. Le *blanc* eſt l'aſſemblage & le mêlange de toutes les couleurs uniformément réfléchies. Le lys nous paroît blanc ; parce que cette fleur réfléchit & renvoie dans notre œil, une égale quantité de toutes les ſept eſpeces de rayons. Ainſi le blanc eſt une couleur compoſée, & la plus compoſée de toutes les couleurs.

III°. Le *noir* eſt l'abſence ou la privation de toutes les couleurs. Un appartement, où brillent avec éclat pendant le jour toutes les eſpeces de couleurs, me paroît noir pendant une nuit obſcure : parce que les meubles qui l'enrichiſſent, ne réfléchiſſent plus pendant la nuit aucune eſpece de rayons qui puiſſe affecter mes yeux. Un habit me paroît noir pendant le jour : parce que cette eſpece d'étoffe abſorbe uniformément une très-grande quantité de toutes les eſpeces primitives de rayons, & qu'elle ne réfléchit dans mon œil qu'une fort petite, mais à peu près égale quantité de toutes les eſpeces de rayons ; ce qui fait que ma rétine ne reçoit qu'une fort foible impreſſion, occaſionnée par le mêlange de toutes les eſpeces de rayons ; & à laquelle eſt attachée la ſenſation du noir. Le noir eſt l'oppoſé du blanc : parce que, comme un objet blanc réfléchit uniformément en très-grande quantité toutes les eſpeces de rayons, un objet noir abſorbe uniformément toutes les eſpeces de rayons qu'il reçoit, ou n'en réfléchit uniformément qu'une fort petite quantité de chaque eſpece.

IV°. Le *mêlange* & l'aſſortiment de deux couleurs primitives, en produit une troiſieme, qui participe des deux couleurs auxquelles elle doit ſon origine. Par exemple (*fig.* 15), ſi ayant réuni par le moyen d'une loupe ou d'une lentille, le

rayon

rayon rouge *r* & le rayon violet *v*, déja analyſés & bien épurés, on les fait tomber ſur un même endroit d'un carton blanc; ce point du carton ſera peint d'une couleur qui ne ſera ni rouge ni violette, mais qui tiendra du violet & du rouge.

Rayons efficaces & inefficaces.

872. OBSERVATION. On peut, avec quelques phyſiciens, diſtinguer dans la lumiere réfléchie par les objets ſenſibles, des rayons efficaces, & des rayons inefficaces.

I°. Les *rayons efficaces* ſont ceux qui font ſur chaque point de l'œil, l'*impreſſion dominante*; l'impreſſion qui plus ſenſible annulle en quelque ſorte toutes les impreſſions plus foibles, qui affectent le même point de l'organe de la vue.

II°. Les *rayons inefficaces* ſont ceux qui font ſur l'œil une impreſſion réelle, mais très-foible, & qui devient comme nulle par l'impreſſion plus forte & plus ſenſible que produit l'eſpece dominante & plus abondante de rayons, ſur un point de l'organe de la vue. Par exemple, l'écarlate me paroît ſimplement de couleur rouge; quoique cette étoffe réfléchiſſe dans mon œil, avec les rayons rouges, une aſſez grande quantité de rayons verts, de rayons jaunes, de rayons violets : parce que les rayons rouges, dont la ſomme eſt incomparablement plus grande & plus active, font ſur mon œil une impreſſion plus marquée, une impreſſion qui domine ſur l'impreſſion des autres eſpeces de rayons, & qui abſorbe l'attention de mon ame.

Cette théorie des *ſenſations efficaces & domi-*

nantes, eſt très-conforme à l'expérience. Car on ſait qu'un grand bruit empêche & annulle la ſenſation que produit ſur l'oreille un ſon foible, qui ſe feroit entendre très-nettement dans le ſilence : qu'un coup de bayonnette, que reçoit un militaire dans la mêlée, l'empêche de faire attention à une légere bleſſure qu'il reçoit en même temps dans quelqu'autre partie de ſon corps. Une grande commotion dans l'ame, abſorbe l'attention qu'elle donneroit dans un état paiſible, à des objets moins ſenſibles.

PROPOSITION.

873. *La diverſité des couleurs a pour cauſe la diverſité des rayons, que darde de ſon ſein le corps lumineux, & que réfléchiſſent mêlangés ou diviſés, les objets ſenſibles.*

DÉMONSTRATION. Cette propoſition n'eſt, comme on voit, qu'une ſuite & une dépendance de ce que nous venons d'obſerver & de démontrer ſur la nature des rayons & des couleurs. Il conſte par la décompoſition de la lumiere, que ſes molécules ſont hétérogenes ; qu'une même eſpece de rayons, par exemple, l'eſpece rouge, plus ou moins condenſée, plus ou moins diviſée & éparpillée, animée d'un mouvement quelconque, n'excite jamais qu'une même ſenſation dans l'œil & dans l'ame, la ſenſation du rouge ; que quelque eſpece de mouvement ou de vibration qu'on s'efforce de donner à l'eſpece rouge de rayons, ſoit en la réfractant dans différents priſmes colorés ou non colorés, ſoit en la réfléchiſſant par le moyen de différents corps, elle ne ceſſe point de donner perſévé-

ramment & uniquement la même eſpece de couleur, la couleur rouge. On peut, d'après l'expérience, dire la même choſe de chacune des ſept eſpeces différentes de rayons, qui réfractée & réfléchie de quelque maniere que ce ſoit, ne donne jamais que ſa couleur primitive, que ſa couleur propre (866). Donc il eſt certain & démontré que *les rayons ſortent colorés du ſein du corps lumineux ;* & que la différence des couleurs que nous obſervons dans les objets ſenſibles, a pour cauſe la diverſité des rayons que répand le corps lumineux, & que réfléchiſſent les objets ſenſibles. C. Q. F. D.

874. COROLLAIRE. *La théorie de Newton ſur les couleurs, eſt donc la ſeule admiſſible :* puiſque ſeule elle eſt fondée ſur l'expérience & conforme aux phénomenes.

En plaçant les couleurs dans les rayons, nous ne prétendons point attribuer à ces rayons colorés, quelque qualité occulte, quelque choſe ſenſible, qui differe de la matiere & du mouvement, & qui reſſemble de près ou de loin aux images colorées dont notre ame eſt affectée à la préſence des objets. Ces couleurs dans les rayons ne ſont autre choſe que la propriété qu'ils ont par leur maſſe & par leur vîteſſe, d'occaſionner dans les fibres de notre œil, certaines impreſſions ou ſenſations organiques, qui deviennent la cauſe occaſionnelle des images ou des ſenſations qu'éprouve notre ame à la préſence des objets colorés, & que nous nommons images ou ſenſations des couleurs (*Mét.* 173, 176). Par exemple,

Les rayons rouges ayant autant de vîteſſe &

plus de maſſe que les rayons orangés, il eſt clair que les premiers doivent produire dans l'œil une impreſſion organique, différente de celle qu'y produiroient les derniers : faut-il autre choſe, pour occaſionner à l'ame, des ſenſations intérieures, totalement différentes ? L'impulſion plus forte, faite dans l'œil par les rayons les plus maſſifs, occaſionnera à l'ame la ſenſation intérieure ou mentale du rouge. Enſuite, l'impulſion un peu plus foible, faite dans l'œil par des rayons d'une maſſe un peu moindre, par les rayons orangés, occaſionnera à l'ame la ſenſation de l'orangé. A une impulſion plus foible encore, faite par les rayons dont la maſſe eſt la plus petite de toutes, ſera attachée la ſenſation du violet. Si ces trois différentes impulſions & impreſſions ſont faites à la fois ſur trois points ſéparés de la rétine, l'ame aura à la fois les trois ſenſations dont nous venons de parler. La ſenſation des différentes couleurs dont notre ame eſt affectée, ne ſuppoſe donc point dans les rayons ou dans les objets qui les envoient dans notre œil, l'exiſtence de quelque choſe de ſemblable aux images colorées qu'ils occaſionnent à notre ame. (190.)

OBJECTIONS A RÉFUTER.

875. OBJECTION I. Si les rayons du ſoleil ſont hétérogenes, s'ils different en maſſe & en réfrangibilité, comment ne ſe décompoſent-ils pas en leurs ſept couleurs primitives, en paſſant dans notre athmoſphere, où il eſt démontré qu'ils ſe réfractent réellement ?

RÉPONSE. Cette objection eſt commune à tout ſyſtême ſur les couleurs ; & dans tout ſyſtême

on la réſout facilement, en diſant, d'après l'expérience, que toute réfraction n'eſt point ſuffiſante pour décompoſer la lumiere & la diviſer en ſes différentes eſpeces de couleurs. Pour opérer cet effet, pour analyſer & ſéparer ſenſiblement les couleurs d'un rayon de lumiere; il faut que ce rayon eſſuie une très-forte réfraction, une réfraction capable d'écarter notablement les unes des autres les différentes eſpeces de rayons: il faut que chaque eſpece de rayons puiſſe, après la réfraction, ſe porter ſéparément ſur des points bien ſéparés, qui la réfléchiſſent nettement & ſans mêlange dans l'œil. Telle eſt la réfraction que produit un priſme de verre; que produiſent les globules d'eau dans une nuée où l'on contemple l'arc-en-ciel. (808.)

Mais, quoique la lumiere ſe réfracte dans un carreau de vitre, dans un baſſin d'eau tranquille, dans la maſſe d'air qui enveloppe la terre; elle ne s'y réfracte pas ſuffiſamment pour ſe décompoſer ſenſiblement en ſes différentes couleurs: parce que ſes rayons, trop peu écartés les uns des autres dans une réfraction aſſez foible, vont ſe placer ſenſiblement ſur les mêmes points des objets, & en rejailliſſent mêlangés & confondus ſenſiblement, à peu près comme avant la réfraction.

876. OBJECTION II. Dans la théorie que nous adoptons ſur la lumiere & ſur les couleurs, une prairie nous paroît verdoyante; parce qu'elle réfléchit les rayons verds, & qu'elle abſorbe les autres. Mais regardons cette même prairie, à travers un verre rouge: elle nous paroîtra toute rouge. Conſidérons enſuite la même prairie, à travers un verre jaune ou violet: elle nous

paroîtra jaune ou violette. Cette expérience, connue de tout le monde, ne ſemble-t-elle pas renverſer de fond en comble, toute la théorie de Newton, que nous adoptons?

Les rayons réfléchis par l'herbe d'une prairie, par les feuilles d'un boſquet, excitent dans l'œil & dans l'ame, la ſenſation du verd; quand ils arrivent dans l'œil ſans paſſer par aucun verre coloré. Ces mêmes rayons verds, en paſſant par un verre coloré, changent de nature: ils deviennent ou rouges, ou jaunes, ou violets, ſelon la couleur du verre qui les reçoit & les modifie dans ſes pores. Donc les rayons de la lumiere ne ſont point, comme le prétend Newton, d'une couleur inaltérable & indeſtructible: donc les mêmes rayons peuvent, par le moyen de certaines modifications différentes qu'on peut leur faire prendre, être ſucceſſivement verds, rouges, jaunes, violets; comme le penſa Deſcartes.

RÉPONSE. Cette expérience, qui paroît d'abord ſi déciſive & ſi triomphante en faveur du ſyſtême Cartéſien, ſe concilie facilement avec la théorie de Newton, théorie conſtatée & démontrée par les plus certaines expériences. La nature n'eſt point en contradiction avec elle-même. Quand deux expériences paroiſſent oppoſées ſur un même objet, il eſt clair que l'une des deux eſt mal enviſagée; & qu'il faut les ſoumettre l'une & l'autre à un nouvel examen, pour découvrir de quel côté eſt l'erreur.

I°. Il conſte indubitablement par des expériences authentiques & infaillibles, par-tout répétées & par-tout vérifiées, qu'après la réfraction qui décompoſe un rayon de lumiere en ſept

eſpeces différentes ; une eſpece iſolée de ces rayons, par exemple l'eſpece verte, ne donne jamais que la couleur verte, quelle que ſoit la couleur du corps qui la réfracte ou la réfléchit : donc les rayons que réfléchit dans l'œil une prairie ou un boſquet, ne ſont pas ſimplement l'eſpece verte, pure & ſans mêlange d'autres rayons rouges, violets, jaunes, &c.

II°. Une prairie & un boſquet, vus ſans aucun verre coloré, nous paroiſſent verdoyants : parce que la prairie & le boſquet réfléchiſſent dans notre œil, une beaucoup plus grande quantité de rayons verds, que de rayons de toute autre eſpece ; quoiqu'ils réfléchiſſent auſſi dans notre œil une aſſez grande quantité de rayons de toute autre eſpece, rouges, jaunes, violets, pourpres. L'eſpece verte de rayons fait donc dans notre œil l'*impreſſion dominante* (872) ; & cette impreſſion dominante y fait naître une ſenſation relative à l'eſpece de rayons qui l'excite, tandis que l'impreſſion faite dans l'œil par les eſpeces plus foibles de rayons, demeure comme annullée & non avenue.

III°. Quand on regarde enſuite cette même prairie & ce même boſquet à travers un verre coloré, à travers un verre teint intérieurement en rouge, par exemple ; la prairie & le boſquet ceſſent de paroître verdoyants : parce que les rayons verds qu'ils réfléchiſſent toujours en très-grande quantité, ſont abſorbés ou diſſipés par le verre rouge, qui placé ſur l'œil, les empêche d'y pénétrer & d'y faire impreſſion. Cette prairie & ce boſquet paroiſſent de couleur rouge : parce que la petite portion de rayons rouges, qui eſt réfléchie pêle-mêle avec la foule des

rayons verds & avec une petite quantité de toutes les autres eſpeces de rayons, trouve ſeule un paſſage libre à travers les pores du verre rouge; & pénetre ſeule dans l'œil, où elle fait l'*impreſſion dominante*, & où elle produit une ſenſation relative à l'eſpece de rayons qui l'occaſionne.

Un objet, vu à travers un verre coloré, par exemple, un pré, eſt toujours vu ſous la couleur de ce verre: parce que ce verre abſorbe ou diſſipe toutes les eſpeces de rayons, excepté celle qui le colore, qu'il réfléchit en partie, & qu'il laiſſe paſſer en partie à travers ſes pores. Mais cet objet, ce pré, vu à travers un verre coloré, eſt toujours vu avec moins de clarté: parce que ce verre ne laiſſe entrer dans l'œil que la moindre portion des rayons que cet objet réfléchit. Cette lumiere de l'objet, reçue dans l'œil à travers un verre coloré, eſt cependant encore aſſez ſenſible: parce que l'impreſſion faite dans l'œil par la petite quantité de rayons auxquels le verre coloré donne paſſage, ſuffit pour ébranler ſenſiblement les fibres infiniment délicates de la rétine, & pour exciter l'attention de l'ame ſur un objet préſent à ſa vue, dans un moment où cet objet ne fait pas ſur l'œil d'autres impreſſions plus fortes & plus efficaces, capables d'abſorber & d'annuller celle-ci. (872.)

IV°. La ſolution de la difficulté préſente, conſiſte donc ſimplement à diſtinguer les couleurs pures & homogenes des rayons, d'avec les couleurs hétérogenes & mêlangées que réfléchiſſent les objets. Il n'y a point d'objet dans la nature, qui réfléchiſſe une ſeule & unique eſpece de rayons: l'eſpece notablement prédo-

minante de rayons réfléchis par un objet, par exemple par l'écarlate, détermine la ſenſation de l'œil, & la couleur que l'ame attribue à cet objet. Mais cet objet réfléchit auſſi avec l'eſpece dominante de rayons, par exemple avec l'eſpece rouge, des rayons de chacune des autres eſpeces; & quand un verre coloré, placé devant l'œil, ne donne paſſage qu'à l'eſpece de rayons analogues à ſa couleur, l'œil n'apperçoit & ne doit appercevoir cet objet, que ſous la couleur propre aux rayons qui l'affectent, que ſous la couleur violette, ſi le verre eſt violet.

877. OBJECTION III. A qui perſuadera-t-on jamais, que l'herbe d'une prairie abſorbe les différentes eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece verte qu'elle répercute; qu'un morceau d'écarlate abſorbe les différentes eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece rouge qu'elle réfléchit en partie & tranſmet en partie; qu'un œil affecté de la jauniſſe, abſorbe ou diſſipe toutes les eſpeces de rayons qui l'atteignent, à l'exception de l'eſpece jaune à laquelle il donne un libre paſſage vers ſa rétine? Comment & par quel méchaniſme phyſique, l'herbe d'une prairie, par exemple, ira-t-elle démêler & choiſir, parmi les ſept eſpeces mêlangées de rayons que darde ſur elle le ſoleil, l'eſpece verte pour la réfléchir, les ſix autres pour les engloutir & les abſorber? Quelle inſoutenable rêverie, que cette théorie de Newton ſur la lumiere & ſur les couleurs!

RÉPONSE. On perſuadera la *poſſibilité* de ces phénomenes, à toute perſonne qui a les plus ſimples connoiſſances ſur la phyſique & ſur la chymie, ſur la diverſe contexture des corps, ſur

l'inégalité & la diſſemblance de leurs pores, ſur les différentes affinités, ſimples ou compliquées, qu'ils peuvent avoir avec telle & telle eſpece de rayons : on en perſuadera la *réalité* à quiconque aura réfléchi avec quelque attention ſur les fameuſes expériences de la décompoſition de la lumiere, qui nous apprennent qu'une eſpece homogene de rayons donne à tous les objets qu'elle atteint, une même couleur, ſa couleur propre (866). Ces phénomenes ne doivent pas plus étonner & révolter un phyſicien, que mille & mille autres que tout le monde connoît, & que perſonne ne révoque en doute. Le méchaniſme phyſique que l'on attaque ici, eſt très-vraiſemblablement un méchaniſme dépendant, en partie, de la *diverſe contexture* des corps ; en partie, de la *diverſe affinité*, ſimple ou compliquée, de ces corps avec telles & telles eſpeces de rayons.

I°. Pourquoi l'eau de riviere abſorbe-t-elle un morceau de ſel très-dur & très-peſant, tandis qu'elle épargne un morceau de cire très-légere & très-molle ? Pourquoi l'eau-forte abſorbe-t-elle une piece de cuivre ou d'argent, tandis qu'elle ne donne aucune atteinte à une piece d'or, à un morceau de verre ? Pourquoi voit-on telle eſpece d'étoffe attirer la roſée, s'en imbiber & s'en charger, tandis que telle autre ſemble la rejetter, & ne s'en imbibe pas ? Et ainſi de mille autres phénomenes phyſiques & chimiques.

Il eſt clair que tous ces phénomenes ſont, du moins en grande partie, une dépendance des affinités naturelles, des attractions ſpéciales, qui exiſtent entre telles & telles ſubſtances, & qui n'exiſtent pas de même entre d'autres ſubſtances. (93, 136, 137.)

II°. Ne peut-on pas ſuppoſer avec toute la vraiſemblance poſſible, qu'un ſemblable méchaniſme phyſique donne lieu, du moins en partie, aux phénomenes des couleurs dans les corps? Une différence de contexture, une différence de pores, une différence d'affinité, ne peut-elle pas faire évidemment qu'un pré réfléchiſſe l'eſpece verte de rayons, & qu'un morceau d'écarlate l'abſorbe? Selon cette théorie évidemment poſſible, très-vraiſemblablement réelle,

L'herbe des prairies abſorbe en très-grande partie toutes les eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece verte: ſoit parce qu'elle a une grande affinité avec les premieres, & qu'elle manque d'affinité avec la derniere; ſoit parce que la contexture de ſes parties & la configuration de ſes pores exige que la choſe ſoit ainſi. (198.)

Un morceau d'écarlate, par le moyen des ſubſtances dont cette étoffe s'eſt imprégnée dans la teinture, a acquis, outre une nouvelle contexture, une affinité marquée avec toutes les eſpeces de rayons qu'elle abſorbe, à l'exception de l'eſpece rouge qu'elle n'attaque point & qu'elle laiſſe à ſon activité naturelle.

L'herbe & l'écarlate n'abſorbent pas cependant tous les rayons dont l'eſpece a une affinité plus marquée avec elles : parce que tous les points de l'herbe & de l'écarlate, ſur leſquels tombe la lumiere, n'ayant pas une nature parfaitement ſemblable, n'ont pas non plus une même affinité avec les eſpeces de rayons à abſorber; & que d'ailleurs tous ces points de l'herbe & de l'écarlate n'ont pas des pores également propres à engloutir les mêmes rayons. D'où il doit arriver qu'une partie des rayons

qui ont une affinité plus marquée avec l'herbe ou avec l'écarlate, échappe à l'action attractive de l'affinité, & ſe réfléchiſſe par ſon élaſticité naturelle.

Un verre ſans couleur donne indifféremment paſſage à toutes les eſpeces de rayons : parce que ſes pores ſont également acceſſibles & perméables à toutes les eſpeces de rayons. Un verre teint intérieurement en rouge, par le moyen de telles ſubſtances intimément unies à ſes molécules vitrifiées, prend des pores plus convenables & plus facilement perméables aux rayons rouges; acquiert une affinité marquée avec toutes les eſpeces de rayons, à l'exception de l'eſpece rouge : en vertu de cette affinité il attire & tend à abſorber tous les rayons, excepté les rouges qu'il n'attire pas de même.

Une perſonne attaquée de la jauniſſe voit jaunes tous les objets : ſoit parce que l'humeur qui inonde ſes yeux, & qui en altere la conſtitution, ne donne accès qu'à cette eſpece de rayons; ſoit parce que cette humeur, par ſon affinité ſimple ou compliquée, abſorbe & engloutit toutes les eſpeces de rayons que dardent ou répercutent les objets, à l'exception des rayons jaunes, avec leſquels elle manque d'affinité; & qui pénétrant ſeuls ou en beaucoup plus grand nombre juſqu'à la rétine, y font l'impreſſion ſenſible & dominante. Cette maladie fait dans celui qui en eſt atteint, la fonction d'un verre teint en jaune & perſévéramment placé ſur ſes yeux.

878. OBJECTION IV. L'explication & la réponſe qu'on vient de donner aux deux objections précédentes, ſemble renfermer des prin-

cipes contradictoires. Car ſoit un verre coloré, par exemple, un verre rouge. Si on demande pourquoi ce verre paroît rouge; la raiſon qu'on en donnera, c'eſt que ce verre réfléchit les rayons rouges, & abſorbe toutes les autres eſpeces de rayons. Si on demande enſuite pourquoi ce même verre étant placé ſur l'œil, on voit rouges tous les objets; on répond que ce verre donne paſſage aux ſeuls rayons rouges, & abſorbe toutes les autres eſpeces de rayons. Répercuter les ſeuls rayons rouges, donner paſſage aux ſeuls rayons rouges, n'eſt-ce pas une contradiction palpable?

RÉPONSE. Répercuter tous les rayons rouges, donner paſſage à quelques rayons rouges, ce ſeroit dans un même objet, une contradiction manifeſte. Mais répercuter une portion de rayons rouges, & donner paſſage à une autre portion de rayons rouges, c'eſt dans un même objet une choſe évidemment très-poſſible.

Un verre teint intérieurement & extérieurement en rouge, abſorbe ou diſſipe, ſans que nous ſachions bien pourquoi & comment, toutes les eſpeces de rayons, à l'exception des rayons rouges. Quant à ces derniers, il en réfléchit une portion par ſes parties ſolides; il en admet une autre portion dans ſes pores, où ils paſſent en liberté. La portion réfléchie par ce verre, portée dans un œil qui regarde ce verre, le fait voir ſous une couleur rouge: la portion qui paſſe à travers ce verre, portée dans un œil placé derriere ce verre, trace dans cet œil, l'objet qui l'a réfléchie, & le verre qui lui a donné paſſage, ſous une couleur rouge.

879. REMARQUE. Un *verre rouge*, que l'on regarde à travers un verre verd, paroît de couleur

verte : parce que, comme nous l'avons dit dans la réponſe à la ſeconde objection, les objets paroiſſent à la ſimple vue, ſous la couleur de l'eſpece prédominante de rayons qu'ils réfléchiſſent ; & que cette eſpece prédominante de rayons réfléchis par un objet quelconque, eſt toujours mêlangée d'une foule de rayons de toute autre eſpece. Le verre en queſtion *paroît rouge* à la ſimple vue : parce que la plus grande quantité des rayons qu'il réfléchit, eſt de l'eſpece rouge. Le même verre, vu à travers un verre verd, *paroît de couleur verte :* parce que les rayons rouges, qu'il réfléchit plus abondamment, ſont abſorbés par le verre verd, lequel ne laiſſe entrer dans l'œil que les rayons verds qui ſe trouvent mêlés & confondus en petite quantité parmi les rayons rouges & parmi les autres eſpeces de rayons que réfléchit le verre rouge.

880. OBJECTION V. Selon Malebranche, la diverſité des couleurs a pour cauſe les vibrations plus ou moins promptes, plus ou moins rapides, des *vorticules élaſtiques*, qui compoſent le corps de la lumiere. Ces vorticules ſont ſuſceptibles de différents degrés de vibrations & en ligne droite & autour de leur centre. Tel degré de vibration en ligne droite & en ligne circulaire dans ces vorticules, occaſionne la ſenſation du rouge : tel autre degré de vibration dans les mêmes vorticules, tous ſemblables & homogenes, donne la ſenſation du verd : & ainſi des autres couleurs. Quel eſt donc le vice de ce très-ſimple & très-ingénieux ſyſtême ?

RÉPONSE. I°. La théorie des couleurs eſt eſſentiellement connexe avec la théorie de la lumiere : donc ſi la théorie de Malebranche ſur la

nature & ſur la propagation de la lumiere, eſt fauſſe & ruineuſe, ſa théorie des couleurs tombe avec elle. Or telle eſt cette théorie de Malebranche. Car quelle fable, ou plutôt quelle chimere, que ces *petits vorticules farcis d'une infinité d'autres plus petits vorticules*, qui empliſſent la nature, ou qui n'y laiſſent que des vuides infiniment petits? Quelle abſurdité, de faire découler la propagation de la lumiere en ligne droite, des vibrations imprimées à des vorticules qui, ſelon toute théorie du mouvement, doivent néceſſairement ſe mouvoir ou tendre à ſe mouvoir en tout ſens, comme le ſon, comme l'eau, comme tous les fluides élaſtiques ou non-élaſtiques?

II°. Selon Malebranche, les vorticules lumineux, ébranlés par le ſoleil, ont une couleur uniforme: parce qu'ils ont tous une même eſpece de vibration. Ces mêmes vorticules, tous homogenes, en paſſant par un priſme, prennent différentes couleurs: parce qu'ils prennent différentes eſpeces de vibrations, qui font que les uns donnent la ſenſation du rouge, les autres la ſenſation du jaune, &c.

Mais pourquoi un amas de rayons rouges, bien ſéparés & bien épurés, recueillis & réunis par une loupe après la réfraction, en paſſant de nouveau à travers un priſme ſemblable ou à travers trente priſmes ſemblables, ne s'épanouit-il pas, comme auparavant, en différentes couleurs; ſi les rayons rouges ont réellement la même nature, la même maſſe, la même figure, que les autres rayons? Pourquoi le même priſme, ou une ſuite de priſmes ſemblables, n'imprime-t-il pas, comme avant la premiere réfraction, aux vorticules lumineux qui l'enfilent, qui s'y

diviſent & s'y affoibliſſent, une différence de vibrations plus ou moins promptes, plus ou moins rapides, plus ou moins participantes de la direction en ligne droite ou en ligne circulaire; vibrations dans leſquelles conſiſte, ſelon cet auteur, la diverſité des couleurs?

881. OBJECTION VI. La théorie que nous adoptons ſur la lumiere & ſur les couleurs, paroît ne point s'accorder avec ce qui eſt dit dans le quatrieme chapitre de la Geneſe; ſavoir, qu'*au premier jour*, Dieu créa la lumiere; & qu'*au quatrieme jour*, il créa le ſoleil & les étoiles. L'écriture-ſainte met donc, comme Deſcartes, une vraie diſtinction entre la lumiere & les corps lumineux. Il eſt donc faux que la lumiere ſoit une émanation du corps lumineux: il eſt donc faux que les rayons jailliſſent colorés du ſein du corps lumineux.

RÉPONSE. I°. L'écriture-ſainte eſt le plus infaillible de tous les oracles: mais cet oracle infaillible, quelquefois mal interprété & mal appliqué par l'ignorance, n'a point pour objet la phyſique, laquelle eſt toute entiere du reſſort de la raiſon & de l'expérience.

II°. Il n'eſt pas bien difficile de concilier ce que dit la Geneſe, avec la théorie que nous adoptons ſur la lumiere. Comme le Créateur, ſelon la Geneſe, donna à la terre l'exiſtence, le premier jour; & la fécondité, le troiſieme jour: de même, on peut dire que le *premier jour*, il créa la matiere de la lumiere, laquelle demeura ſans action, éparſe & confondue dans le chaos des choſes, juſqu'au quatrieme jour; & qu'*au quatrieme jour*, il la ſépara du chaos, il en forma le ſoleil & les étoiles, il lui donna la configuration

ration & le mouvement néceſſaires pour briller.

La terre, ſelon l'écriture elle-même, ne fut qu'un informe chaos, le premier jour: au troiſieme jour, le Créateur lui donna une forme, un mouvement, une action, qui la rendirent féconde & vivante. De même, la lumiere fut créée & commença à exiſter, le *premier jour*: mais elle ne fut convertie en corps lumineux, elle ne fut animée d'un mouvement convenable, elle ne commença à briller & à éclairer l'univers, qu'*au quatrieme jour*.

III°. Cette idée ou cette théorie de la lumiere, loin d'être oppoſée à l'écriture, eſt très-conforme à l'écriture; qui dans le livre de l'Eccléſiaſtique nous repréſente le ſoleil, ce chef-d'œuvre du Très-Haut, comme une grande fournaiſe deſtinée à darder inceſſamment de ſon ſein, des torrents de rayons de feu. *Fornacem cuſtodiens in operibus ardoris, tripliciter Sol exurens montes, radios igneos exſufflans, & refulgens radiis ſuis, obcæcat oculos.* Eccleſ. *cap.* 43.

882. REMARQUE. Vouloir, avec quelques phyſiciens modernes, faire entrer à la fois dans la théorie de la lumiere & des couleurs, le ſyſtême de Deſcartes & le ſyſtême de Newton; c'eſt, ce me ſemble, vouloir allier des choſes évidemment incompatibles, vouloir concilier la fable avec la vérité. L'eſprit de conciliation eſt admirable dans la politique, dans la ſociété; mais il eſt communément très-abſurde dans la phyſique.

LES COULEURS DANS LES OBJETS COLORÉS.

883. OBSERVATION. Quelle richeſſe, quelle variété de couleurs étale à nos regards la nature, dans ſes trois regnes? Cette variété de couleurs dans les objets ſenſibles, a pour cauſe la différente eſpece & le différent aſſortiment des rayons que réfléchiſſent ou que réfractent ces objets; comme nous venons de le démontrer & de l'expliquer. Il s'agit maintenant de rendre raiſon, pourquoi ces objets réfléchiſſent ou réfractent différemment les molécules hétérogenes qui compoſent la lumiere, & qui donnent aux objets les différentes couleurs.

Il paroît d'abord très-vraiſemblable, que la loi d'affinité, ſimple & compliquée, a lieu entre telles eſpeces de corps, & telles eſpeces de rayons; & que cette loi d'affinité contribue pour beaucoup à déterminer la couleur ſous laquelle on apperçoit les objets: puiſque les objets ſont toujours vus ſous la couleur des rayons qu'ils réfléchiſſent; & jamais ſous la couleur des rayons qu'ils attirent & qu'ils abſorbent en vertu de leur affinité, ſimple ou compliquée, avec telle & telle eſpece de rayons. (877.)

Mais, en faiſant ici abſtraction de ces affinités entre les différents corps & les différentes eſpeces de rayons; cherchons dans la contexture même des corps, l'explication plus ou moins complette des phénomenes conſtants ou variables que nous préſentent leurs couleurs.

EXPLICATION. I°. Nous avons obſervé ailleurs que tous les corps ont une infinité de pores; & que ces pores, ainſi que les eſpaces ſolides qui

les ſéparent, ſont de différente figure & de différente grandeur dans les diverſes eſpeces de corps (198). Il eſt facile de concevoir, d'après cette obſervation, comment ces pores, inégaux & diſſemblables dans les différents corps, peuvent dans certains corps, arrêter & réfléchir certaine eſpece de rayons, par exemple les rayons rouges, qui plus maſſifs & plus volumineux, ne peuvent s'inſinuer dans des pores trop petits; & abſorber les autres eſpeces de rayons, que leur maſſe plus petite & moins volumineuſe met à portée d'enfiler en liberté des pores adaptés à leur figure & à leur grandeur. Un tel corps, par exemple, l'écarlate, réfléchira avec quelques rayons de chaque eſpece, répercutés par ſes parties ſolides, une quantité incomparablement plus grande de rayons rouges, répercutés & par ſes parties ſolides & par ſes parties poreuſes. Un tel corps ſera de couleur rouge: parce que les rayons rouges qu'il réfléchit, feront ſur l'œil l'*impreſſion dominante*, à laquelle eſt attachée la perception de la couleur qui l'occaſionne, & que l'ame attribue & rapporte au corps qui réfléchit telle eſpece de rayons.

II°. Nous avons obſervé ailleurs, & perſonne n'ignore, que les pores des corps ne ſont point des vuides parfaits; que ces pores contiennent des fluides de différente eſpece, par exemple, de l'air, du feu, des vapeurs, une matiere ſubtile quelconque: il eſt clair que ces différents fluides doivent oppoſer une réſiſtance aux rayons qui tendent à paſſer à travers ces pores. Il eſt facile de concevoir encore, d'après cette obſervation, comment des rayons plus maſſifs, qui ont plus de force motrice, peuvent s'ouvrir un paſ-

ſage à travers ces pores & ces fluides ; tandis que des rayons moins maſſifs, avec moins de force motrice, ſeront arrêtés au paſſage & réfléchis par la réſiſtance des fluides. Un tel corps, par exemple, la violette, avec des pores aſſez grands pour donner paſſage à toutes les eſpeces de rayons, réfléchira principalement l'eſpece la plus foible, l'eſpece violette ; laquelle n'aura pas aſſez de force motrice pour vaincre, comme les autres, la réſiſtance des fluides logés dans ces pores : ce corps ſe peindra dans l'œil ſous la couleur violette ; parce que les rayons violets y feront l'impreſſion dominante.

III°. Un corps qui par la nature de ſes pores & de ſes fluides, réfléchira à la fois deux ou trois eſpeces de rayons, en abſorbant les autres, ſe peindra dans l'œil ſous une couleur mixte & compoſée ; laquelle participera des deux ou trois eſpeces de rayons réfléchis, qui font conjointement l'impreſſion efficace & dominante.

IV°. Un corps qui par la nature de ſes pores & de ſes fluides, réfléchira abondamment & uniformément toutes les ſept eſpeces de rayons, n'en abſorbant qu'une égale & fort petite quantité de chaque eſpece, n'aura point de couleur ſpéciale : ce ſera un corps blanc. Par la raiſon contraire, un corps qui abſorbera abondamment & uniformément toutes les ſept eſpeces de rayons, n'en réfléchiſſant qu'une égale & fort petite quantité de chaque eſpece, ſera un corps noir.

V°. Une feuille d'or très-mince, appliquée au trou d'un volet de fenêtre bien fermée, paroît jaune, étant vue par dehors ; parce qu'elle ne réfléchit dans l'œil, que l'eſpece jaune de rayons : elle paroît verte, étant vue du dedans

parce qu'elle ne donne paſſage dans ſes pores, qu'à l'eſpece verte de rayons, & qu'elle abſorbe ou diſſipe les cinq autres eſpeces de rayons qui s'engloutiſſent dans ſes pores.

MÉTAMORPHOSES DES COULEURS.

884. OBSERVATION I. Les corps perdent leurs couleurs, ou en prennent de nouvelles, en trois manieres; *par le changement de leurs pores*, qui deviennent plus ou moins ouverts, plus ou moins anguleux; *par la diſſipation des ſubſtances*, ſolides ou fluides, qui empliſſoient ces pores; *par l'introduction de nouvelles ſubſtances*, ſolides ou fluides, dans ces mêmes pores. Delà l'art des teintures de toute eſpece.

I°. Il eſt clair que le changement de grandeur & de figure dans les pores d'un corps, peut occaſionner un changement de couleur dans ce corps : puiſque par là il devient propre à réfléchir ou à abſorber des eſpeces de rayons, différentes de celles qu'il réfléchiſſoit ou qu'il abſorboit auparavant.

II°. Certaines ſubſtances, que la teinture infiltre & introduit dans les pores d'un corps, le rendent propre à réfléchir ſpécialement telle eſpece de rayons : delà telle eſpece de couleur dans ce corps. Ces ſubſtances qui déterminent la couleur d'un objet, par exemple, d'une étoffe, viennent-elles à ſe diſſiper en tout ou en partie ? La couleur qu'elles occaſionnent, doit ou s'éteindre ou s'affoiblir. Ces mêmes ſubſtances, fruit de l'art ou de la nature, viennent-elles à être mêlées dans certains points avec d'autres ſubſtances étrangeres ? Cette étoffe contracte en

ces points, des couleurs différentes, qui y feront tout autant de taches plus ou moins difformes.

Les crabes, les écreviſſes, & pluſieurs autres eſpeces de poiſſons cruſtacées, de couleur naturellement verdâtre, deviennent rouges en ſe cuiſant dans l'eau : à quoi attribuer ce phénomene ſingulier, ſinon à un changement de contexture dans les parties qui compoſent leur ſurface ? L'action du feu & de l'eau diſſipe certaines ſubſtances, propres à abſorber les rayons rouges dans leur contexture extérieure ; & fait entrer en leur place, d'autres ſubſtances propres à réfléchir ces mêmes rayons rouges, au ſortir de l'eau bouillante.

885. REMARQUE. La gorge des pigeons, certains taffetas, ſe montrent ſous des couleurs changeantes, ſans aucun changement intrinſeque dans ces corps ; ce qui peut arriver, ou par voie de réflexion, ou par voie de réfraction.

I°. *Par voie de réflexion.* La gorge des pigeons eſt compoſée d'une infinité de petites lames & de petits filaments hétérogenes, qui par leur différente poſition relativement au rayon lumineux qui les affecte, peuvent préſenter à ce rayon hétérogene, des ſurfaces plus ou moins poreuſes, plus ou moins ſolides, plus ou moins acceſſibles ; peuvent abſorber & réfléchir alternativement, différentes eſpeces de rayons : delà la différence des couleurs dans ces objets, vus ſous des points différents. On peut dire la même choſe des taffetas changeants.

II°. *Par voie de réfraction.* Ces lames & ces filaments hétérogenes ſont en partie pénétrables & en partie impénétrables à la lumiere : l'œil

peut donc, ſelon ſa différente poſition relativement à ces objets, les appercevoir, tantôt par l'eſpece de rayons que répercutent leurs parties ſolides, tantôt par l'eſpece différente de rayons qui s'échappent à travers leurs pores. Delà une différente impreſſion dans l'œil, une différente couleur dans l'objet qui occaſionne cette impreſſion.

La feuille d'or dont nous venons de parler (883), paroît jaune d'un côté, par la lumiere réfléchie; & verte de l'autre côté, par la lumiere réfractée: pourquoi les très-minces ſurfaces des plumes qui compoſent la gorge des pigeons, les très-menus filaments dont ſont hériſſés les taffetas changeants, ne pourroient-ils pas opérer une ſemblable réflexion & une ſemblable réfraction dans la lumiere?

886. OBSERVATION II. Le *mêlange de certains liquides* préſente des métamorphoſes de couleurs, dignes d'attention. Par exemple,

Mettez dans un verre une diſſolution de vitriol calciné au feu; & dans un autre, une diſſolution de noix de galle: ces deux liqueurs ſont tranſparentes, comme l'eau commune. Mêlez enſemble ces deux liqueurs: il en réſulte une liqueur noire. Verſez ſur cette liqueur noire, quelques gouttes de vitriol ou d'eau-forte: le noir diſparoît; & la liqueur reprend ſa limpidité & ſa tranſparence.

Mettez dans un autre verre, une infuſion de tourneſol: elle aura une légere teinte de bleu. Dans cette infuſion, jettez un peu d'eau-forte: elle change ſubitement ſa couleur bleue, en un rouge couleur de feu.

Le ſyrop de violette devient verd, par l'ad-

dition de l'huile de tartre : il devient rouge, quand on y mêle de l'eau-forte. On peut, par de ſemblables procédés dont on trouve un grand détail dans Muſchembroek, dans les expériences de l'académie d'el Cimento, dans les tranſactions philoſophiques, & dans pluſieurs autres ouvrages de phyſique & de chymie, métamorphoſer à l'infini les couleurs des corps ſolides & liquides. Ces changements ou ces métamorphoſes de couleurs, dont nous ne ferons qu'indiquer les genres, ſe réduiſent à quatre effets principaux.

I°. On voit naître une couleur bien décidée, par le mêlange de deux liqueurs, qui, ſéparément priſes, n'en ont point.

II°. Une couleur ſe change en une autre couleur très-différente, par l'addition d'une liqueur qui n'a point de couleur propre.

III°. Une liqueur limpide & ſans couleur, devient opaque & colorée, en ſe mêlant avec une autre couleur limpide & ſans couleur, comme elle.

IV°. Un mêlange opaque & coloré, perd ſa couleur & ſon opacité, par l'addition d'une très-petite quantité d'une liqueur limpide, qui ne paroîtroit propre qu'à partager ſimplement les qualités qu'elle détruit.

887. EXPLICATION. Ces changements de couleurs découlent aſſez naturellement des principes que nous avons établis, & dont nous avons déja fait l'application aux couleurs des corps ſolides (883, 884). Le changement de figure ou de grandeur dans les pores des liqueurs, l'introduction ou la diſſipation de certaines ſubſtances ſolides ou fluides, propres à abſorber ou à

réfléchir principalement certaines eſpeces de rayons ; telle eſt la cauſe des changements de couleurs, dans le mêlange de certaines liqueurs. Nous laiſſons à la ſagacité du lecteur le ſoin de faire l'application de ces différentes cauſes, aux différents phénomenes particuliers. Il lui ſuffira de faire attention que certaines liqueurs, en ſe mêlant, quelquefois ſe *compoſent*, quelquefois ſe *décompoſent*.

I°. Deux liqueurs, dans leur mêlange, quelquefois ſe combinent enſemble par leur affinité : chaque molécule de la premiere s'unit & adhere intimément à chaque molécule de la ſeconde. Delà de nouvelles parties conſtituantes & intégrantes dans ce mêlange, leſquelles par leur figure & par leur nature différentes, deviennent propres à réfléchir ou à réfracter la lumiere, tout autrement que ne faiſoient les molécules de chaque liqueur avant le mêlange.

II°. Un mêlange de liqueurs, par l'addition d'une liqueur nouvelle, quelquefois ſe décompoſe : la liqueur ajoutée fait la fonction de *précipitant* (118) par rapport au mêlange primitif, dont il ſépare les parties conſtituantes, précipitant un des principes, & ſe combinant avec l'autre. Delà encore, dans cette liqueur, de nouvelles parties intégrantes, plus ou moins poreuſes, plus ou moins alignées dans leurs pores, plus ou moins propres à réfléchir, à réfracter, à abſorber telle eſpece particuliere de rayons.

RÉSULTAT DE CETTE THÉORIE.

888. APPLICATION. La nature nous préſente par-tout le ſpectacle le plus intéreſſant & le plus varié en genre de couleurs, dans ſes productions; ſpectacle qui change d'une ſaiſon à l'autre, ſouvent d'un jour à l'autre : parce que l'action permanente de la nature change inceſſamment & perſévéramment la conſtitution intrinſeque des êtres; leſquels paſſent inceſſamment d'un état à l'autre, de la naiſſance à l'accroiſſement, de l'accroiſſement à la maturité, de la maturité à la caducité & à la diſſolution. Delà un éternel changement dans les pores de ces corps, dans les ſubſtances ſolides, liquides, fluides, qui s'y infiltrent, ou qui s'en exhalent. Delà dans ces corps d'une ſaiſon à l'autre, d'un jour à l'autre, une *nouvelle maniere de réfléchir ou de réfracter les différentes eſpeces de rayons*, d'où doit naître dans eux un continuel changement de couleurs.

Une ſimple fleur étale quelquefois à nos yeux une foule de couleurs, toutes différentes les unes des autres : parce que ſes différentes parties, ſes différentes bandes, ſes différents filaments, ſes différents points, ne ſe reſſemblent ni dans la figure de leurs pores, ni dans la qualité de leurs fluides, ni dans la nature de leurs parties conſtituantes. Une petite plage de cette fleur, eſt propre à réfléchir les ſeuls rayons rouges : une autre petite plage de la même fleur eſt propre à abſorber les rayons rouges, & à réfléchir les ſeuls rayons verds; & ainſi du reſte.

L'air, qui entre en ſi grande quantité dans la compoſition des mixtes, paroît contribuer pour

beaucoup à la qualité de leurs couleurs. Ce beau verd, qui flatte ſi délicieuſement notre vue dans nos campagnes & dans nos jardins, ſemble lui devoir principalement ſon exiſtence : puiſque la plupart des plantes qu'on tient couvertes, en ſont privées ; & qu'on la fait perdre en peu de tems à celles qui l'ont, en les enveloppant ſimplement avec de la paille ou avec de la terre : car c'eſt ainſi qu'on blanchit le céleri, la chicorée, les cardons, dans nos jardins potagers.

SECONDE SECTION.

L'OPTIQUE EN GÉNÉRAL, OU

LOIX DE LA PROPAGATION DE LA LUMIERE.

889. DÉFINITION I. LA lumiere, dardée avec une inconcevable vîteſſe du ſein du corps lumineux, ou ſe meut dans un milieu uniformément pénétrable, ou rencontre un corps impénétrable, ou paſſe d'un milieu dans un autre milieu plus ou moins facilement pénétrable.

Dans le premier cas, la lumiere ſe meut librement en ligne droite : *le rayon eſt direct.* Dans le ſecond cas, la lumiere, après le choc, continue à ſe mouvoir en vertu de ſon élaſticité, dans une direction nouvelle : *le rayon eſt réfléchi.* Dans le troiſieme cas, la lumiere, en paſſant obliquement d'un milieu dans un autre, par exemple, de l'air dans l'eau ou de l'eau dans l'air, continue à ſe mouvoir dans le nouveau milieu ; mais elle ſe coude & s'écarte de la

ligne droite, au point qui ſépare les deux milieux différents : *le rayon eſt réfracté.*

Delà, trois ſortes de ſciences relatives aux loix que ſuit la lumiere dans ſa propagation ; ſavoir, l'*Optique* proprement dite, qui a pour objet le rayon direct ; la *Catoptrique*, qui a pour objet le rayon réfléchi ; la *Dioptrique*, qui a pour objet le rayon réfracté.

On donne auſſi quelquefois à ces trois eſpeces de ſciences, le nom commun d'*Optique ;* nom, qui dans cette généralité ſignifie *ſcience des loix que ſuit dans ſon mouvement la lumiere directe, réfléchie, & réfractée.* L'optique, enviſagée dans toute cette généralité, eſt la plus belle & la plus ſatisfaiſante de toutes les ſciences philoſophiques ; parce qu'elle donnne priſe à la géométrie.

Rayons paralleles, divergents, convergents.

890. DÉFINITION II. Les rayons de lumiere, directs, réfléchis, réfractés, ſont paralleles, ou divergents, ou convergents.

I°. On nomme *rayons paralleles*, ceux qui ſe meuvent ſans s'approcher & ſans s'éloigner les uns des autres : tels ſont ſenſiblement deux rayons ſolaires, qui entrent dans une chambre par deux trous cylindriques, pratiqués dans un même volet de fenêtre.

II°. On nomme *rayons divergents*, ceux qui ſe meuvent en s'écartant de plus en plus les uns des autres : tels ſont les rayons CA, CR, CB. (*fig.* 13.)

III°. On nomme *rayons convergents*, ceux qui ſe meuvent en s'approchant les uns des autres :

tels ſont les rayons RD, SD, TD, leſquels deviennent enſuite divergents au-delà du point d'interſection D. (*fig.* 21.)

Corps lumineux, opaques, diaphanes.

891. DÉFINITION III. Les corps, conſidérés relativement à l'optique, ſont ou lumineux, ou opaques, ou diaphanes.

I°. On nomme *corps lumineux*, ceux qui ont la lumiere par eux-mêmes; ceux qui par un embraſement ou par une fermentation inteſtine, dardent la lumiere de leur ſein. Telle eſt une bougie allumée: tel eſt un tiſon ardent: tels ſont le ſoleil & les étoiles. Les vers luiſants, certains bois pourris qui brillent dans les ténebres, peuvent être auſſi regardés comme des corps lumineux.

II°. On nomme *corps opaques*, ceux qui n'ont point la lumiere par eux-mêmes, & qui ne lui donnent point paſſage à travers leur ſubſtance. Telle eſt la lune, qui n'a d'autre lumiere, que celle qu'elle reçoit du ſoleil, & qu'elle réfléchit vers nous par ſa partie éclairée. Tels ſont les métaux, la terre, le marbre, le bois, qui répercutent la lumiere que darde ſur eux le ſoleil ou quelque autre corps lumineux, ſans le ſecours duquel ils ceſſent d'être viſibles.

III°. On nomme *corps diaphanes*, ceux qui n'ont point la lumiere par eux-mêmes & qui donnent paſſage à la lumiere à travers leur ſubſtance. Tel eſt le verre: telle eſt l'eau: tel eſt l'air: telles ſont les pierres qu'on nomme tranſparentes. De *διὰφαινω: trans luceo.*

Les corps opaques & les corps diaphanes

ne ſont point lumineux ; mais ils ſont *éclairés* ou *illuminés*, quand un corps lumineux darde ſur eux ſes rayons.

Points lumineux, points illuminés.

892. REMARQUE. Un *point lumineux*, par exemple, la flamme d'une bougie, doit être conſidéré comme un centre de ſphere, d'où émanent en tout ſens en ligne droite, des rayons divergents *ab*, *ac*, *ad*, *an*, *af*, *ar*, *av* ; leſquels ſont comme une infinité de rayons menés du centre *a*, vers tout point ſenſible où un œil peut être placé. (*fig.* 19.)

De même, *chaque point viſible d'un corps illuminé*, doit être conſidéré comme un centre de ſphere, d'où partent en ligne droite une infinité de rayons divergents *ab*, *ac*, *ad*, *an*, *ar*, *av*, réfléchis par le point *a* : puiſque les rayons que réfléchit le point *a*, vont rendre ſenſible & viſible ce point éclairé & illuminé, dans toutes ces directions.

ARTICLE PREMIER.

L'OPTIQUE PROPREMENT DITE.

893. DÉFINITION. L'*Optique* proprement dite, eſt la ſcience du rayon direct : elle a pour objet, la lumiere mue dans des milieux homogenes, où rien ne change ſa direction ; ſoit qu'elle vienne immédiatement du corps lumineux, ſoit qu'elle ait déja été réfléchie ou réfractée par

quelque corps, avant d'arriver dans le milieu homogene où l'on conſidere ſon mouvement.

L'optique a ſes loix, qu'il eſt facile de connoître, & important de développer : nous allons les examiner & dans le rayon hors de l'œil, & dans le rayon au ſein de l'œil.

PARAGRAPHE PREMIER.

LE RAYON DIRECT, HORS DE L'ŒIL.

PREMIERE LOI.

894. *La propagation de la lumiere eſt ſucceſſive.* (fig. 23.)

EXPLICATION. Cette propoſition ſignifie, que la lumiere emploie un eſpace de tems, pour ſe porter du corps qui la produit ou qui la réfléchit, juſqu'à l'œil qui en reçoit l'impreſſion. Par exemple, la lumiere que darde de ſon ſein le ſoleil, emploie ſept ou huit minutes, pour paſſer du ſoleil juſqu'à nous. Celle que dardent les étoiles, en ſuppoſant qu'elle ſe meut ſans obſtacle avec la même vîteſſe que celle du ſoleil, doit n'arriver dans nos yeux que pluſieurs mois ou pluſieurs années après qu'elle eſt partie du ſein de l'étoile qui en eſt la ſource : ſelon que cette étoile eſt plus ou moins éloignée de la terre.

DÉMONSTRATION. Il conſte par les obſervations aſtronomiques, que Jupiter a cinq ſatellites ou cinq lunes, qui font leurs révolutions autour de cette planete, comme la lune autour de la terre, à différentes diſtances de ſon centre. Le ſatellite le plus voiſin de Jupiter, ſon *premier*

ſatellite, le ſeul auquel nous faiſons attention pour le préſent, fait ſa révolution autour de ſa planette, en 42 heures & demie environ; & dans chaque révolution il ſouffre une éclipſe, en paſſant dans l'ombre de Jupiter: de ſorte que ſes éclipſes étant périodiques, on ſait le moment où doit avoir lieu ſon émerſion, ou ſa ſortie de l'ombre après chaque éclipſe. Cela ſuppoſé, ſoit S, le ſoleil au centre de notre monde planétaire; RTDV, l'orbite annuelle de la terre autour du ſoleil; ZIYX, l'orbite de Jupiter autour du ſoleil; *m n r*, l'orbite du premier ſatellite de Jupiter autour de ſa planete I.

I°. Soit la terre, en T; Jupiter périgée ou près de la terre, en I. Après chaque révolution d'environ 42 heures & demie, on voit le ſatellite *n*, ſortir de l'ombre I *n*; & ſi la terre reſtoit toujours dans la même proximité de Jupiter, les émerſions du ſatellite *n* arriveroient toujours invariablement, après chaque intervalle d'environ 42 heures & demie.

II°. Mais comme la terre parcourt ſon orbite TDVR en un an, & que Jupiter met environ douze ans à parcourir ſon orbite plus grande IYXZ; la terre, après avoir été au voiſinage de Jupiter en T, s'éloigne ſucceſſivement de Jupiter qui va moins vîte qu'elle. Jupiter, après avoir été périgée, ſe trouve enfin apogée ou dans ſon plus grand éloignement de la terre; quand Jupiter étant en I, la terre ſe trouve en V. Or MM. Caſſini, Romer, Halley, & pluſieurs autres aſtronomes, ont obſervé que les émerſions du ſatellite, au lieu d'arriver uniformément après environ 42 heures & demie, retardoient de plus en plus, depuis le tems du

périgée,

périgée, juſqu'au tems de l'apogée de Jupiter: de ſorte que les émerſions, qui arrivoient après 42 heures & demie, Jupiter étant en I & la terre en T, n'arrivent qu'après 42 heures & demie & environ 14 minutes, Jupiter étant en I & le terre en V. En D, les émerſions arrivent déja ſept minutes plus tard qu'en T; & en R, les émerſions arrivent ſept minutes plutôt qu'en V.

Il réſulte de ces obſervations, que la propagation de la lumiere doit être ſucceſſive. Car d'abord, *ſi la propagation de la lumiere étoit inſtantanée*, il eſt évident que le rayon réfléchi par le ſatellite *n*, à l'inſtant qu'il ſort de l'ombre I *n*, ſe feroit ſentir, ſans aucune différence de tems, ſans avancer ou retarder ſa percuſſion, ſoit que la terre fût en T près de Jupiter, ſoit que la même terre fût en V loin de Jupiter: donc on ne peut pas admettre que la propagation de la lumiere ſoit inſtantanée. Enſuite, *en ſuppoſant que la propagation de la lumiere eſt ſucceſſive*, il eſt clair que le rayon qui frappe toujours le ſatellite *n*, à l'inſtant qu'il ſort de l'ombre, a beſoin de moins de tems pour ſe porter de *n* en T, que pour ſe porter de *n* en V. Donc, en ſuppoſant ſucceſſive la propagation de la lumiere, on rendra une raiſon plauſible d'un phénomene aſtronomique qui ne peut être expliqué d'aucune maniere, dans toute hypotheſe où la propagation de la lumiere ſeroit abſurdement ſuppoſée inſtantanée: donc la propagation de la lumiere eſt réellement ſucceſſive.

III°. La propagation ſucceſſive de la lumiere eſt encore établie & démontrée par le phénomene de l'aberration des fixes (1331); phéno-

mene dont on rend aiſément raiſon, dans l'hypotheſe où la lumiere met un tems pour venir des étoiles juſqu'à nous ; & dont on ne peut rendre aucune raiſon, en ſuppoſant inſtantanée la propagation de la lumiere. Donc la propagation de la lumiere, ainſi que la propagation du ſon, de la chaleur, des odeurs, de tous les fluides, eſt démontrée ſucceſſive par les phénomenes ; comme le reconnoiſſent maintenant tous les aſtronomes & tous les phyſiciens. C. Q. F. D.

Vîteſſe de la lumiere.

895. OBSERVATION. Comme le rayon lumineux *n*TV, réfléchi par le ſatellite de Jupiter, au ſortir de l'ombre, arrive en V, environ quatorze ou quinze minutes plus tard qu'en T ; & que l'eſpace TV, pris dans la plus grande largeur de l'écliptique RTDV, eſt égal à deux fois la diſtance de la terre au ſoleil ; il s'enſuit que *la lumiere met environ ſept minutes & demie pour ſe porter du ſoleil à la terre.*

I°. Nous ſuppoſons ici que la lumiere, directe ou réfléchie, ſe meut avec une vîteſſe toujours ſenſiblement uniforme ; & aucune raiſon ne combat cette ſuppoſition. La lumiere réfléchie, en vertu de ſa parfaite élaſticité, doit avoir après le choc, la même ſomme préciſe de mouvement qu'elle avoit avant le choc : elle doit donc avoir la même vîteſſe.

II°. Nous ſuppoſons ici encore que la ligne TV repréſente ſenſiblement le diametre de l'écliptique ; ou la plus grande ligne droite qu'on puiſſe mener du centre du ſoleil S, à deux points oppoſés de l'écliptique RTDV.

III°. Toutes les obſervations aſtronomiques ne ſont pas parfaitement d'accord ſur la quantité préciſe de retardement qu'on remarque dans les émerſions du ſatellite, depuis le tems où Jupiter eſt périgée, juſqu'au tems où il ſe trouve apogée. Mais toutes les obſervations s'accordent à reconnoître un vrai retardement, un retardement aſſez conſidérable, qui croît de plus en plus depuis le périgée juſqu'à l'apogée, & qui diminue enſuite de même depuis l'apogée juſqu'au périgée. Le plus grand nombre des aſtronomes a fixé ce retardement, dans ſa plus grande longueur, à 14 ou 15 minutes : ce qui fait environ ſept ou huit minutes pour la moitié de l'eſpace TV; laquelle moitié eſt à peu près égale à la diſtance interceptée entre la terre & le ſoleil.

IV°. Etant démontré que la lumiere emploie environ ſept minutes & demie ou 450 ſecondes, pour parcourir l'eſpace intercepté entre le ſoleil & la terre; & cet eſpace étant au moins d'environ 28000000 lieues communes (1221); on trouvera, en diviſant 28000000 par 450, que la lumiere parcourt au moins environ 62222 lieues communes en une ſeconde de tems. Cette vîteſſe de la lumiere ſera encore plus grande d'environ un cinquieme, ſi la terre eſt éloignée du ſoleil d'environ 34000000 lieues communes; comme on le déduit des dernieres obſervations aſtronomiques. (1221. III°.)

896. REMARQUE. En ſuppoſant, comme on peut le faire avec toute la vraiſemblance poſſible, que la lumiere des étoiles ſe meut avec la même vîteſſe que celle du ſoleil; il eſt clair que l'immenſe éloignement des étoiles exige un tems

très-long, pour que les rayons échappés de leur ſein arrivent juſqu'à nous. Quelques aſtronomes ont trouvé par le calcul, que le rayon qui trace actuellement dans mon œil l'étoile la moins éloignée de la terre, doit être ſorti du ſein de cette étoile depuis plus de 16 ou 17 mois (1334). Si cette étoile étoit errante comme les planetes, je la verrois quelquefois au levant, quand elle eſt réellement au midi, ou au couchant, ou vers le nadir. Mais comme elle eſt toujours ſenſiblement fixe & immobile dans un même point du ciel; il eſt indifférent que le rayon qui me la rend actuellement viſible, ait été dardé de ſon ſein depuis quelques minutes ou depuis pluſieurs années: ce rayon, plus ou moins récemment échappé de ſon ſein, fait la même impreſſion ſur mon œil, & me détermine à rapporter l'étoile d'où il eſt émané, au même point du firmament où elle eſt immobilement placée.

SECONDE LOI.

897. *Dans un même milieu, la lumiere, dardée par un corps lumineux, ou réfléchie par un corps éclairé, en rayons divergents, ſe meut en ligne droite.* (fig. 19.)

DÉMONSTRATION. Nous avons déja obſervé que les rayons dardés par un point lumineux, ou réfléchis par un point éclairé, imitent les rayons divergents d'une ſphere qui auroit pour centre le point rayonnant ou le point illuminé (892): il nous reſte à faire voir que ces rayons divergents ne s'écartent point de la ligne droite.

I°. Au milieu d'une chambre bien fermée, placez à une hauteur quelconque ſur une table,

une bougie allumée, dont vous intercepterez à volonté la lumiere, par le moyen d'un carton MN, que vous placerez entre votre œil & la bougie, & qui aura une petite ouverture *n*. Dans quelque point de la chambre que vous placiez votre œil, il recevra la lumiere dardée par cette bougie, tant que cette ouverture ſe trouvera dans la ligne droite menée de votre œil à la flamme de la bougie; & votre œil ceſſera de recevoir la lumiere que darde cette bougie, à l'inſtant que l'ouverture du carton placé entre votre œil & la bougie, ceſſera de ſe trouver dans la ligne droite menée de votre œil à la flamme de la bougie. Votre œil recevra toujours l'impreſſion de la lumiere, par la ligne droite *ang*, *afh*, & jamais par une ligne courbe ou coudée : donc, dans un milieu homogene, tel que l'air; la lumiere, dardée par un corps lumineux, ne ſe meut qu'en ligne droite.

II°. Au milieu d'une chambre bien éclairée, placez la même bougie éteinte, que vous ne pouvez voir que par les rayons qu'elle réfléchit. Vous verrez ſon ſommet *a*, par exemple, de tous les points d'alentour, tant qu'il n'y aura point de corps opaque dans la ligne droite menée de votre œil au point éclairé *a* : mais vous ceſſerez de voir ce point éclairé *a*, à l'inſtant qu'un corps opaque ſe trouvera dans la ligne droite menée de ce point éclairé à votre œil. Donc la lumiere réfléchie par un corps opaque, ainſi que la lumiere dardée par un corps lumineux, ne ſe meut dans un même milieu, tel que l'air, par exemple, qu'en ligne droite.

C'eſt ſur cette propriété de la lumiere, que ſont fondées les opérations du géometre & du chaſ-

ſeur. Le géometre en dirigeant ſes alidades, le chaſſeur en dirigeant ſon fuſil, ſuppoſent que le rayon viſuel, qui leur ſert de regle, vient en ligne droite, de l'objet auquel ils viſent, à leur œil qui en reçoit l'impreſſion : la juſteſſe reconnue de leurs opérations, démontre la vérité du principe ſur lequel elles ſont fondées.

III°. Le mouvement de la lumiere en ligne droite dans un même milieu, eſt très-conforme à la théorie générale du mouvement, ſelon laquelle un corps en mouvement doit conſerver & ſa vîteſſe & ſa direction primitives, tant qu'aucune cauſe nouvelle n'y apporte aucun changement (307) : or dans un même milieu, dans un milieu homogene, la lumiere ne trouve aucune cauſe nouvelle, qui puiſſe changer ou ſa vîteſſe ou ſa direction ; elle doit donc continuer à ſe mouvoir comme elle a commencé à ſe mouvoir, & par là même en ligne droite ; puiſqu'elle commence toujours néceſſairement à ſe mouvoir en ligne droite (308). C. Q. F. D.

TROISIEME LOI.

898. *La lumiere, en s'éloignant du point lumineux qui la produit, ou du point éclairé qui la réfléchit, décroît en denſité ; & cette diminution de denſité eſt proportionnelle au quarré de ſa diſtance au point rayonnant ou au point éclairé.* (fig. 13.)

DÉMONSTRATION. I°. La lumiere, en s'éloignant du point rayonnant ou du point éclairé, ſe diviſe & ſe déploie en rayons divergents CA, CR, CB, qui partent d'un même centre C. Or il eſt évident qu'elle ne peut ainſi ſe déployer & s'écarter, ſans diminuer en denſité, à meſure qu'elle

s'éloigne du point C ; à meſure qu'elle ſe répand d'un moindre eſpace, dans un eſpace ſans ceſſe plus grand.

II°. Cette diminution de denſité dans la lumiere, à meſure qu'elle s'éloigne du point rayonnant ou du point éclairé, eſt proportionnelle au quarré de ſa diſtance au point d'où elle eſt partie par émanation ou par réflexion. Car comme la lumiere ſe répand en rayons divergents, il eſt évident que chaque portion ſenſible de lumiere, en s'éloignant du point rayonnant ou du point éclairé, devient un vrai cône lumineux, dont le ſommet eſt le point rayonnant ou le point éclairé, & dont la baſe devient d'autant plus grande, qu'elle eſt plus loin du ſommet. (*fig.* 17.)

Soit A, le point rayonnant ou le point éclairé ; FAG, le cône formé par une portion de rayons divergents ; BC, un carton dont on préſentera le plan au cône lumineux, à différentes diſtances du point A : on verra ſe former ſur ce carton, des cercles lumineux BC, DE, FG, qui ſeront d'autant plus grands, que le carton ſera plus éloigné du point A.

Il eſt clair que toute la lumiere qui ſe trouve a chaque inſtant dans le cercle FG, étoit auparavant dans l'eſpace circulaire DE, dans l'eſpace circulaire BC, dans le point rayonnant ou éclairé A. Il eſt clair que la lumiere qui éclaire ſucceſſivement ces différents eſpaces A, BC, DE, FG, eſt d'autant moins denſe & plus raréfiée, qu'elle occupe un plus grand eſpace, qu'elle eſt diviſée & épanouie dans un plus grand cercle. Il s'agit donc de comparer entre eux ces eſpaces, pour

évaluer la raréfaction de la lumiere qui les éclaire.

Pour cela, ſoit la diſtance du premier cercle BC au point rayonnant, = 1; la diſtance du ſecond cercle DE, = 2; la diſtance du troiſieme cercle FG, = 3: je dis que la denſité de la lumiere ſera comme 1, dans le premier cercle; comme $\frac{1}{4}$, dans le ſecond; comme $\frac{1}{9}$, dans le troiſieme; ce qui eſt préciſément la raiſon inverſe du quarré des diſtances. Pour le démontrer, comparons d'abord entre eux les deux cercles BC & DE. Le triangle BAC étant ſemblable au triangle DAC, leurs côtés homologues BC & DE, qui ſont les *diametres* des deux cercles lumineux du carton, ſont entre eux comme les baſes AC & AE, ou comme les diſtances AM, AN, de ces deux cercles au point A (*Math.* 403): donc le côté ou diametre BC, eſt au côté ou diametre DE, comme 1 eſt à 2. Or les ſurfaces de deux cercles ſont entre elles, comme les quarrés de leurs diametres (*Math.* 501): donc la ſurface du cercle BC, eſt comme le quarré de 1 = 1; & la ſurface du cercle DE, eſt comme le quarré de 2 = 4. Donc la lumiere eſt quatre fois plus diviſée & moins denſe dans le cercle DE à la diſtance 2, que dans le cercle BC à la diſtance 1.

Par la même raiſon, la lumiere eſt neuf fois plus diviſée & moins denſe dans le cercle FG, que dans le cercle BC: parce que le diametre FG étant trois fois plus grand que le diametre BC; la ſurface FG, neuf fois plus grande, n'a que la même lumiere qui éclaire le cercle BC neuf fois plus petit. Donc la lumiere, en s'éloi-

gnant du point qui la darde ou qui la réfléchit, prend une raréfaction proportionnelle au quarré de sa distance au point rayonnant ou au point illuminé. C. Q. F. D.

899. COROLLAIRE I. Il s'ensuit delà, qu'*à une certaine distance, les objets rayonnants ou illuminés peuvent & doivent cesser d'être visibles.* La raison en est, que la lumiere, à force de se raréfier & de s'affoiblir en s'éloignant du point qui la darde ou qui la réfléchit, doit à la fin cesser d'avoir assez de densité & de force pour produire une impression nette & sensible sur l'organe de la vue.

900. COROLLAIRE II. Il s'ensuit encore delà, que *la lumiere doit avoir une très-grande densité en sortant du soleil:* puisque, à vingt-huit ou trente millions de lieues du soleil qui la darde, après s'être immensément divisée & raréfiée, elle conserve encore assez de densité pour faire sur nos yeux une impression si forte.

QUATRIEME LOI.

901. *Les rayons de lumiere se croisent en mille & mille manieres, sans se déranger dans leur cours & dans leur fonction.* (fig. 21.)

DÉMONSTRATION. Soit A B C, un volet de fenêtre fermée, où l'on aura pratiqué trois ouvertures cylindriques, par lesquelles on fera passer trois rayons solaires par le moyen de trois miroirs plans placés en dehors. Qu'à l'ouverture A soit adapté un verre rouge, plan ou en forme de lentille, lequel ne donnera passage qu'aux seuls rayons rouges: qu'à l'ouverture C soit adapté un verre vert, qui ne laissera passer

que les rayons verts : que l'ouverture B n'ait aucun verre, ou n'ait qu'un verre ſans couleur ; afin que toutes les ſept eſpeces de rayons y paſſent en liberté, mêlées & confondues enſemble, telles qu'elles émanent du ſoleil. Que ces trois rayons ſoient tellement dirigés, qu'ils ſe croiſent & s'entrecoupent au point D, avant d'être reçus ſur le plan d'un carton blanc EFG.

EFFETS. Le rayon rouge ARD, va tracer un cercle rouge en G : le rayon vert CTD, va tracer un cercle vert en E : le rayon naturel BSD, va tracer un cercle blanc en F. Ces trois rayons, quoique croiſés & entrecoupés les uns par les autres en D, ne s'écartent point de la ligne droite, & ſe portent chacun à part à leur terme, où ils exercent chacun ſéparément leur fonction nette & diſtincte ; de même que ſi chaque rayon y arrivoit iſolé, ſans avoir été rencontré & croiſé dans ſa route par un autre rayon ſemblable ou différent. Donc la lumiere peut ſe croiſer ſans ſe déranger dans ſon cours & dans ſa fonction (863). C. Q. F. D.

902. REMARQUE. Suppoſons que le carton EFG, ſoit le fond d'un œil, une rétine ſenſible & animée (*fig.* 21, 31.)

I°. Ces trois rayons feront ſur cette rétine trois impreſſions diſtinctes, ſur trois points bien diſtingués E, F, G. Cet œil recevra à la fois trois images iſolées, & toutes trois différentes.

II°. Si au point D étoit placée une lentille convenable, ces trois cônes lumineux *o* G, *m* E, *n* F, iroient ſe terminer en cônes renverſés aux points E, F, G ; où ils traceroient chacun une image incomparablement plus vive : l'image formée par les ſommets de ces trois cônes, ſeroit

rouge en G, blanche en F, verte en E.

III°. Si ces trois rayons repréſentoient trois corps différents ; le rayon ſupérieur AR, un taureau ; le rayon inférieur CT, un aigle ; le rayon du milieu BS, une fleche de clocher ; le taureau iroit ſe peindre dans la partie inférieure en G ; l'aigle, dans la partie ſupérieure en E ; la fleche, dans la partie du milieu en F.

De l'ombre.

903. DESCRIPTION. L'ombre n'eſt autre choſe qu'une privation ou une grande diminution de lumiere, occaſionnée par l'interpoſition d'un corps opaque.

I°. Quand le globe lumineux S (*fig.* 18), eſt *égal au globe opaque* qu'il éclaire ; l'ombre du corps opaque eſt un cylindre infini CABD ; cylindre dont le diametre eſt égal au diametre du globe opaque. La raiſon en eſt, que les rayons RA, VB, qui partent des extrêmités du corps lumineux, & qui raſent les extrêmités du corps opaque, ſont paralleles, & ſe meuvent ſans s'approcher & ſans s'éloigner. Ces rayons ſont tangentes au diametre AB : l'arc éclairé ATB, eſt égal à l'arc ombré AMB.

II°. Quand le globe lumineux (*fig.* 14), eſt *plus petit que le globe opaque* qu'il illumine ; l'ombre du globe opaque eſt un cône tronqué *c a b d* ; cône qui va en croiſſant à l'infini, à meſure qu'il s'éloigne du corps opaque qui le produit. La raiſon en eſt, que les rayons *r a*, *v b*, qui partent des extrêmités du corps lumineux, & qui raſent les extrêmités du corps opaque, ſont divergents & s'écartent de plus en plus à l'infini. Ces rayons

r a, *v b*, ſont tangentes, non au diametre du globe opaque, mais aux rayons *t b*, *t a*, du même globe : l'arc éclairé *a n b* eſt moindre que l'arc ombré *a m b*.

III°. Quand le globe lumineux (*fig.* 16), eſt *plus grand que le corps opaque* qu'il éclaire ; l'ombre du globe opaque eſt un cône *a d b* ; cône dont la baſe eſt appuyée ſur le corps opaque, & dont la pointe *d* eſt dans la ligne droite qui enfile les deux centres, du corps lumineux & du corps opaque. La raiſon en eſt, que les rayons R *a*, V *b*, qui partent des extrêmités du corps lumineux, & qui raſent les extrêmités du corps opaque, ſont convergents & s'approchent ſans ceſſe l'un de l'autre, à meſure qu'ils s'éloignent de leur origine : ils doivent donc ſe rencontrer en un point *d*, où leur lumiere deviendra ſenſible, & où l'ombre finira. Ces rayons ſont tangentes, non au diametre du globe opaque, mais aux rayons *t a*, *t b*, du même globe : l'arc éclairé *a g b*, eſt plus grand que l'arc ombré *a h b*.

Dans le premier cas, le globe lumineux éclaire la moitié préciſément de la ſurface opaque : dans le ſecond cas, le globe lumineux éclaire moins de la moitié de la ſurface opaque : dans le troiſieme cas, le globe lumineux éclaire plus de la moitié de la ſurface opaque.

904. REMARQUE. Comme *on ne voit rien ſans lumiere ;* il eſt clair qu'un corps placé dans une entiere privation de lumiere, ne pourroit en aucune façon être apperçu. Un objet placé dans l'ombre d'un arbre ou d'une maiſon, m'eſt rendu viſible par les rayons que réfléchiſſent ſur lui les objets environnants, & qu'il réfléchit lui-même à ſon tour dans mon œil. La lune, dans

une éclipſe totale, eſt rendue viſible par les rayons du ſoleil, qui réfractés dans l'athmoſphere terreſtre, s'inclinent dans le cône ombreux de la terre; vont tomber ſur la ſurface de la lune, placée dans ce cône ombreux; & ſont réfléchis par la lune vers la terre, où, reçus dans un œil, ils tracent une ſombre & obſcure image de la lune éclipſée.

PARAGRAPHE SECOND.

LE RAYON DIRECT DANS L'ŒIL, OU

PRINCIPES SUR LA VISION.

905. OBSERVATION. La lumiere, en pénétrant dans notre œil, y ſouffre différentes réfractions, dont nous parlerons ailleurs, & dont nous ferons abſtraction pour le préſent. Nous ne conſidérerons donc dans l'œil (*fig.* 30), que la *prunelle* P, que nous regarderons comme une ſimple ouverture, ſans enveloppes réfractantes; & la *rétine* *r* R *r*, ou l'enveloppe fibreuſe qui forme la concavité du fond de l'œil, & que vont frapper les rayons lumineux que la prunelle admet dans l'œil.

906. DÉFINITION. La *viſion* eſt cet acte de l'ame, par lequel elle a préſente la figure & la ſituation d'un objet, à l'occaſion d'une impreſſion faite dans l'œil par la lumiere que darde ou que réfléchit cet objet.

I°. La *viſion eſt diſtincte*, quand chaque partie notable de l'objet eſt tracée à part dans la rétine, ſous ſes traits propres & caractériſtiques, ſéparés des traits propres & caractériſtiques des autres parties.

II°. La *vision est confuse*, quand les images des objets sont mal formées & mal tracées dans l'œil; & quand plusieurs parties notables d'un même objet, se traçant sur un même point de l'œil, y confondent leurs images diverses en une seule & même image.

AXIOME FONDAMENTAL.

907. *Les objets sensibles tracent leur image dans l'œil; & la vision nette & distincte des objets, est attachée à la formation nette & distincte de leur image dans la rétine.*

Pour rendre sensible la vérité de cet axiome, nous allons rapporter deux expériences, dont l'une sera une imitation artificielle de l'œil; & l'autre, une exposition de la vision naturelle.

Œil artificiel.

908. EXPÉRIENCE I. Soit A B, une boîte de bois ronde, de trois ou quatre pouces de diametre, percée de deux trous ronds diamétralement opposés. (*fig.* 22.)

Le trou B, d'environ un pouce & demi de diametre, est recouvert d'un papier huilé. Le trou A reçoit un petit tuyau cylindrique, d'un pouce de diametre & d'environ un pouce de longueur, lequel est évasé intérieurement en forme d'entonnoir, & porte à son extrêmité la plus étroite dans l'intérieur de la boîte, un verre lenticulaire *v*, dont le foyer est à peu près à la distance du papier huilé; de sorte qu'on peut l'y faire arriver justement, en avançant ou en reculant un peu le petit tuyau A.

EFFETS. Si le tuyau A, adapté au trou d'un volet de fenêtre, dans une chambre d'ailleurs bien fermée, eſt tourné vers un objet bien éclairé & qui ne ſoit éloigné que de trente ou quarante pas; on voit cet objet MN, peint avec toutes ſes couleurs ſur le papier huilé B, mais dans une ſituation renverſée. Le point le plus haut de l'objet occupera la partie la plus baſſe de l'image; le point le plus bas de l'objet, occupera la partie la plus haute de l'image; la partie qui eſt à droite dans l'objet, ſera à gauche dans l'image; & ainſi du reſte.

La boîte AB eſt un œil artificiel, dont le méchaniſme phyſique, déja indiqué dans le paragraphe précédent (902), achevera de ſe dévoiler dans la ſuite de ce traité.

Œil naturel.

909. EXPÉRIENCE II. A un volet de fenêtre bien fermée, ſoit une petite ouverture circulaire, à laquelle on adaptera un œil de veau; enſorte que la prunelle réponde au dehors, & la rétine au dedans. Il faut que cette rétine ſoit dépouillée artiſtement dans ſa partie extérieure, des téguments groſſiers qui l'enveloppent, & qui pourroient empêcher de voir ce qui ſe paſſe dans elle.

EFFETS. Dans cet œil naturel & ſur cette rétine, vous verrez tracées nettement & ſans confuſion, les images des différents objets voiſins, qui étant bien éclairés peuvent renvoyer leurs rayons par la prunelle ſur la rétine. (*fig.* 29, 31.)

I°. Dans cet œil naturel, comme dans l'œil artificiel dont nous venons de parler, les images

des objets ſon renverſées : par exemple, l'image d'un homme qui marche ſur le grand chemin, a les pieds en haut & la tête en bas; ſa main gauche eſt à droite, & ſa main droite à gauche. Mais chaque partie de l'image eſt tracée & deſſinée dans les plus exactes proportions & avec ſes couleurs naturelles.

II°. A meſure que cet homme s'éloigne, ſon image, toujours tracée dans la rétine de l'œil de veau, devient plus petite; & les deux dimenſions de cette image, ſa hauteur & ſa largeur, décroiſſent ſenſiblement chacune, dans la même proportion que la diſtance augmente (*fig.* 24) : enſorte que la hauteur de l'image d'un homme, à 20 pas, eſt comme 1; à 40 pas, comme $\frac{1}{2}$; à 60 pas, comme $\frac{1}{3}$; à 100 pas, comme $\frac{1}{5}$; & ainſi de ſuite; juſqu'à ce que l'objet ſoit aſſez éloigné pour que l'image ſe réuniſſe & ſe confonde toute entiere dans un ſeul point de la rétine, où elle ceſſe d'être diſtinctement viſible. (*fig.* 24.)

Les divers diametres des images que trace dans l'œil un objet viſible, placé devant l'œil à différentes diſtances toutes peu conſidérables, décroiſſent réellement & géométriquement dans un rapport un peu moindre que celui des diſtances augmentées, & réciproquement : mais cette différence, même dans les petites diſtances, eſt toujours inſenſible à l'œil. Cette différence diminue encore de plus en plus, à meſure que la diſtance devient plus grande; enſorte que dans les grandes diſtances, elle devient infiniment petite, & par là même, géométriquement nulle. D'où il s'enſuit que *les diametres des images tracées dans un œil, par un même objet* placé ſucceſſivement en AB, en CD, en EF, *ſont*

ſont toujours ſenſiblement en raiſon inverſe des diſtances.

III°. Les objets qui ſe peignent dans l'œil dont nous parlons, ſont toujours interceptés dans un angle droit *a* P *b* (*fig.* 30), formé par deux lignes *r a*, *r b*, menées des extrêmités de la rétine *r* R *r*, par les extrêmités de la prunelle. Les objets placés devant l'œil hors de cet angle droit, ne tracent point leur image ſur la rétine *r* R *r*: parce que les rayons qu'ils dardent ou qu'ils réfléchiſſent en droite ligne, ne peuvent ſe porter par la prunelle P dans la rétine, & y faire leur impreſſion. On voit par là pourquoi tout ce que nous voyons d'un ſeul coup-d'œil, eſt ordinairement compris entre un angle droit *a* P *b*.

Expoſition de la viſion.

910. EXPLICATION. Soit une fleche ADB, expoſée à l'œil en queſtion : je dis que cette fleche doit aller ſe peindre renverſée dans la rétine *a b c*. (*fig.* 29.)

I°. Tout point éclairé, ainſi que tout point rayonnant, eſt comme un centre de ſphere; d'où partent en droite ligne une infinité de rayons divergents, qui vont rendre viſible ce point à différentes diſtances (892). Or les points A, D, B, ſont des points éclairés : donc ces points réfléchiſſent de tous côtés des rayons divergents, propres à les tracer à l'œil & à les y rendre ſenſibles.

II°. De tous les rayons divergents, A *m*, A *n*, A *g*, A C, que réfléchit le point A; il n'y a que le rayon A C, qui enfile la prunelle C, & qui porte ſon impreſſion ſur la rétine en *a*. De même,

de tous les rayons divergents que réfléchiſſent les points D & B, il n'y a que les rayons DC, BC, qui enfilent la prunelle, & qui faſſent leur impreſſion ſur la rétine en *d* & en *b*.

III°. Comme les rayons de lumiere, dardés par un corps lumineux ou réfléchis par un corps éclairé, vont toujours en droite ligne dans un même milieu (897); il eſt clair que le rayon AC, réfléchi par la partie ſupérieure de l'objet, doit faire ſon impreſſion ſur la partie inférieure de la rétine, en *a* : que le rayon BC, réfléchi par la partie inférieurie de l'objet, doit faire ſon impreſſion ſur la partie ſupérieure de la rétine, en *b* : que le rayon DC, réfléchi par le milieu de l'objet, doit faire ſon impreſſion ſur le milieu de la rétine, en *d* : que les autres rayons, réfléchis par les points ſucceſſifs de l'objet, doivent faire leur impreſſion ſur la rétine, dans des points d'autant plus bas, qu'ils ſont partis de plus haut, & réciproquement : que les rayons réfléchis par la partie droite de l'objet, doivent ſe porter ſur la partie gauche de la rétine ; & ainſi du reſte. D'où il réſulte que *l'image, formée dans la rétine par l'impulſion de ces rayons, doit être renverſée* ; ainſi qu'elle ſe montre à l'obſervateur, dans l'œil artificiel ou naturel.

IV°. Si l'objet ADB eſt de différentes couleurs, chaque point de cet objet ira ſe peindre ſous ſa couleur propre dans la rétine. Le point A de l'objet étant rouge, il ne réfléchit que des rayons rouges : le rayon rouge AC ira donc tracer un point rouge en *a*. Le point B de l'objet étant violet, il ne réfléchit que des rayons violets : le rayon violet BC ira donc tracer un point violet en *b*. Le rayon D de l'objet étant verd, il ne

réfléchit que des rayons verds : le rayon verd D C ira donc tracer un point verd en *d*. Ainſi *toute l'image* a d b, *retracera reſpectivement toutes les couleurs de l'objet* A D B. (*fig.* 29.)

V°. A meſure que l'objet A B s'approche de l'œil, l'image devient plus grande dans l'œil : elle devient plus petite, à meſure que l'objet s'éloigne. La raiſon en eſt, que les rayons A C & B C, qui partent des extrêmités de cet objet, forment un angle B C A d'autant plus aigu, que l'objet eſt plus éloigné ; d'autant moins aigu, que l'objet eſt plus près. Quand l'objet A B s'approche, l'angle *b* C *a* devient plus ouvert : l'image *a d b* augmente. Quand l'objet A B s'éloigne, l'angle *b* C *a* devient plus petit : l'image *a d b* diminue. Quand l'objet A B eſt à une très-grande diſtance, l'angle ACB & l'angle égal *a* C *b*, ſont comme infiniment petits : l'image *a b*, interceptée entre cet angle, devient infiniment petite ; elle devient par là même inſenſible & imperceptible.

VI°. Nous nous bornerons à faire remarquer ici, comme en paſſant, que chaque point ou petite portion de l'image *a d b*, doit ſon exiſtence non à un ſeul rayon iſolé, mais à une petite touffe de rayons divergents M A N, M D N, M B N (*fig.* 31) ; qui réfractés dans les humeurs & dans les enveloppes de l'œil, deviennent convergents dans l'œil, & vont frapper par la pointe de leurs cônes, différents points *a*, *d*, *b*, de la rétine. C'eſt par cette réunion en un même point dans l'œil, que leur percuſſion produit dans les différents points *a*, *d*, *b*, une image nette & ſenſible de chaque portion de l'objet qui les réfléchit. (1040.)

IMAGES DES OBJETS.

911. OBSERVATION. Les images que tracent les objets dans le fond de l'œil, ſemblent n'être autre choſe qu'un plus ou moins de lumiere, qu'un plus ou moins d'ombre, qu'un plus ou moins de telle eſpece de rayons, par exemple, de rayons rouges ou de rayons jaunes, ſur tels & tels points de la rétine. Mais quand même nous ignorerions totalement comment & par quel méchaniſme phyſique, les rayons lumineux prennent & impriment l'image du corps qui les darde ou qui les réfléchit, il conſte par l'expérience, & il importe d'obſerver :

I°. Que *les rayons émanés du ſein du corps lumineux, en tracent l'image dans la rétine ; quand ils y arrivent directement, ſans réflexion & ſans réfraction, dans le même ordre & dans le même mélange qu'ils ont en partant de l'objet lumineux.* Par exemple, les rayons émanés du ſoleil, d'une torche enflammée, peignent dans l'œil l'image de la torche & du ſoleil, quand l'œil les reçoit directement de ces corps.

II°. Que *les rayons émanés du ſein du corps lumineux, en tracent encore, quoiqu'un peu plus foiblement, l'image & les couleurs dans l'œil ; quand ils arrivent dans l'œil après avoir été réfléchis par une ſurface plane & polie, qui les renvoie dans l'œil dans le même ordre & dans le même mêlange qu'ils ont en ſortant du corps lumineux.* Par exemple, les rayons émanés du ſein du ſoleil ou d'une torche enflammée, tombant directement ſur un miroir plan qui les répercute dans mon œil, tracent ſur ma rétine, non l'image du corps

qui les réfléchit, mais l'image du corps qui les darde.

III°. Que *les rayons émanés du ſein du corps lumineux, qui arrivent dans l'œil après être tombés ſur une ſurface qui les diviſe & les éparpille en tout ſens, en les réfléchiſſant, prennent & tracent dans l'œil l'image de la ſurface réfléchiſſante.* Par exemple, les rayons ſolaires, qui tombent ſur la façade inégale & mal polie d'un bâtiment, & que cette façade réfléchit dans mon œil en les éparpillant, tracent dans ma rétine, non l'image & les couleurs du ſoleil qui les darde, mais l'image & les couleurs de la façade qui les répercute.

IV°. Que *les rayons répercutés par un corps éclairé, tracent dans l'œil l'image de l'objet qui les répercute, tant qu'ils arrivent dans l'œil dans le même ordre & dans le même mêlange qu'ils ont en partant du point réfléchiſſant ;* ſoit qu'ils arrivent directement dans l'œil ſans avoir eſſuyé aucune réflexion ; ſoit qu'ils y arrivent après avoir été réfléchis par une ſurface plane & polie, qui ne change point l'ordre & la combinaiſon qu'ils avoient en partant de l'objet qui les réfléchit. Par exemple, mon œil N O, reçoit également l'image & les couleurs de la fleche AB (*fig.* 42), par le moyen des rayons que cette fleche répercute ; ſoit que ces rayons répercutés parviennent directement & ſans aucun obſtacle dans mon œil ; ſoit qu'ils n'arrivent dans mon œil, qu'après avoir été uniformément réfléchis par un miroir plan R Z.

V°. Que *les rayons répercutés par un corps éclairé, ne tracent plus dans l'œil l'image & les couleurs de ce corps ; quand ils arrivent dans l'œil après avoir été répercutés de nouveau par une ſurface*

inégale & mal polie, qui les diviſe & les éparpille, qui change l'ordre & la combinaiſon qu'ils avoient en partant du premier corps réfléchiſſant. Par exemple, les rayons qui partent de la fleche A B ne peindront plus cette fleche ſur ma rétine, quand ils y arriveront après avoir été répercutés & éparpillés par la façade d'un bâtiment voiſin R Z. (*fig.* 42.)

AXIOME II.

912. *Nous voyons chaque point d'un objet lumineux ou illuminé, dans l'axe du cône lumineux qui affecte la ſurface extérieure de notre œil, au moment où l'image ſe forme dans la rétine.*

EXPLICATION. Il eſt facile de faire appercevoir & ſentir la vérité de cet axiome, par le moyen de l'expérience. (*fig.* 13.)

I°. Soit un point lumineux C: nous voyons ce point lumineux C, dans la ligne droite R C D, qui eſt l'axe du cône lumineux A C B, que darde ce point rayonnant, & qui affecte notre œil A B. De même, ſi le point C eſt un point bien ſenſible, vivement éclairé, & peu éloigné, nous le voyons dans la ligne droite R C D, qui eſt l'axe du cône lumineux A C B, que réfléchit ce point illuminé, & qui affecte notre œil A B.

Quand le point lumineux ou illuminé C eſt peu éloigné, nous eſtimons & nous évaluons à peu près la diſtance R C, que nous rapportons au point où ſe réuniſſent les lignes convergentes A C, B C, leſquelles circonſcrivent le cône lumineux qui fait ſon impreſſion ſur l'œil. Mais quand ce point C eſt très-éloigné de l'œil, l'angle A C B eſt comme infiniment petit : les lignes

AC, BC étant ſenſiblement paralleles, nous ne pouvons pas eſtimer & juger à quel point C ou D elles ſe rencontrent : alors nous nous bornons à placer l'objet C, dans l'axe R C D du cône lumineux, à une diſtance indéfinie. C'eſt pour cette raiſon que nous confondons la diſtance des planetes avec celle des étoiles, que nous rapportons également à un point imaginaire du firmament.

II°. Soit une fleche A D B (*fig.* 31) : nous voyons le point A, dans l'axe du cône lumineux N A M; le point B, dans l'axe du cône lumineux N B M ; le point D, dans l'axe du cône lumineux N D M. Le point A, par exemple, nous paroît d'autant plus éloigné, que les lignes M A, N A, vont ſe réunir plus loin de l'œil ; & réciproquement, ce point A nous paroît d'autant moins éloigné, que les lignes M A, N A, vont ſe réunir moins loin de l'œil. Delà vient que dans un même objet bien éclairé & peu éloigné, nous jugeons tels points plus éloignés, & tels autres points moins éloignés de nous ; comme ils le ſont en effet.

III°. Soit une autre fleche A B, qui réfléchit ſa lumiere ſur un miroir plan R Z, lequel la répercute dans mon œil N O (*fig.* 42). Le point éclairé A renvoie ſur le miroir un cône lumineux *n* A *m*, qui ſe réfléchit dans mon œil dans la direction *n* N, *m* O : mon œil, dans l'inſtant où il eſt affecté par le cône tronqué de lumiere *n* N, *m* O, voit le point A, non en A, mais en *a*, dans l'axe du cône lumineux N *n a m* O, derriere le miroir. De même, le point éclairé B renvoie ſur le miroir un cône lumineux *v* B *s*, qui ſe réfléchit ſur mon œil dans la direction

v N, *s* O : mon œil, affecté par le cône tronqué de lumiere *v* N, *s* O, reçoit l'image du point B ; & voit ce point B, non en B où il eſt réellement, mais en *b* où il n'eſt pas, toujours dans l'axe du cône lumineux qui l'affecte.

IV°. Il réſulte de ces obſervations, que *nous voyons toujours les objets dans la direction que ſuit la lumiere, à l'inſtant où elle fait ſon impreſſion ſur la ſurface & dans le fond de notre œil ;* quelque direction que puiſſe avoir eu auparavant cette même lumiere, laquelle ne fait ſon impreſſion ſur l'œil, qu'en vertu de ſa derniere direction, ou de la direction qu'elle a au moment où elle affecte l'œil.

La même loi a lieu relativement à tous les corps qui font impreſſion ſur nos organes : ce qui fait voir que c'eſt une vraie *loi de la nature*, & non une ſimple hypotheſe imaginée gratuitement pour expliquer tels & tels phénomenes. Nous rapportons généralement & conſtamment la cauſe de nos ſenſations, dans la ligne qu'a ſuivi le corps en mouvement qui les cauſe. Par exemple, je juge qu'un corps ſonore eſt à ma droite, par l'impulſion faite dans telle direction ſur mon oreille ; qu'un corps odorant eſt à ma gauche, parce que l'impreſſion que j'en reçois vient de ce côté. De même, un aveugle, dans un tems froid, introduit dans une grande ſalle où ſe trouve un bon feu qu'il ne voit pas, eſt dirigé ſûrement vers ce feu, par l'impulſion des corpuſcules de ce feu, leſquels lui apprennent que pour en approcher, il n'a qu'à ſuivre la ligne directement oppoſée à l'impreſſion qu'il en reçoit.

913. COROLLAIRE I. *Quoiqu'un objet ſoit peint*

renverſé dans l'œil, l'œil doit le voir dans ſa ſituation naturelle. (fig. 29, 31.)

EXPLICATION. Comme nous voyons toujours les objets dans la direction que ſuit la lumiere, à l'inſtant où elle fait ſon impreſſion, & où elle trace ſon image dans l'œil; il eſt clair que le point *a* de l'image renverſée, doit être vu en A; le point *b*, en B; le point *d*, en D: il eſt clair que la partie qui eſt à gauche dans l'image *adb*, doit être vue à droite dans l'objet ADB; & ainſi du reſte. Donc, quoique l'image d'un objet ſoit renverſée dans l'œil, l'œil doit voir cet objet dans ſa ſituation naturelle.

914. COROLLAIRE II. *Le même objet eſt vu d'autant plus loin & d'autant moins clairement, que les rayons, dardés ou réfléchis par cet objet, ont fait plus de chemin ſans changer leur divergence, avant d'atteindre l'œil.* (fig. 32.)

EXPLICATION. Quand nous pouvons évaluer par le moyen d'un ſeul œil, les diſtances des objets, nous voyons ces objets au point où ſe terminent les lignes convergentes AS, BS, du cône lumineux ASB qui affecte notre œil AB (912): d'où il réſulte,

I°. Qu'un œil placé en AB, verra l'objet S au point S, où vont ſe réunir les lignes convergentes AS, BS, tracées par les rayons qui circonſcrivent le cône lumineux ASB.

II°. Que le même œil placé en CD, à une diſtance double, verra l'objet S au point S, où ſe terminent & ſe réuniſſent les lignes CS, DS, qui circonſcrivent le cône lumineux CSD, dont la baſe eſt appuyée ſur l'œil. Les lignes CS, DS,

ſont de moitié moins convergentes, que les lignes AS, BS : la diſtance CD étant égale à la diſtance AB, les lignes CS, DS, doivent aller ſe réunir deux fois plus loin que les lignes AS, BS.

III°. Que le même œil placé en FG, à une diſtance triple, verra trois fois plus loin l'objet S; ſavoir, au point S, où ſe réuniſſent les lignes convergentes FS, GS, qui circonſcrivent le cône lumineux FSG, appuyé par ſa baſe toujours de même grandeur, ſur le même œil FG.

IV°. Que l'œil en AB, aura une lumiere quatre fois plus denſe & plus vive qu'en CD; neuf fois plus denſe & plus vive qu'en FG ; & ainſi de ſuite à l'infini : puiſque la denſité de la lumiere décroît, comme le quarré de la diſtance augmente. (898.)

ANGLES OPTIQUES.

915. DÉFINITION. On nomme *angle optique* (*fig.* 29), un angle ACB, qui a ſon ſommet dans le centre de la prunelle, & qui eſt formé par les rayons AC, BC, dardés ou réfléchis par les extrêmités de l'objet AB. A cet angle optique hors de l'œil, répond dans l'œil un angle égal *aCb*, qui eſt oppoſé au ſommet à l'angle optique, & qui termine & circonſcrit l'image *adb* tracée dans l'œil.

L'angle optique ACB peut embraſſer une ſimple ligne, un eſpace ſans largeur & ſans profondeur AB : alors il n'eſt formé que par deux rayons AC, BC. Quand il embraſſe un ſolide, régulier ou irrégulier, cet angle optique eſt formé par tous les rayons qui partent de toutes les extrêmités du corps lumineux ou illuminé.

916. LEMME. *Si un objet* AB, *fixé à deux lignes indéfinies* NA, NB, *qui partent d'un même point* N, *se meut dans la direction* ND *ou* DN, *restant toujours parallele à lui-même* (fig. 24.):

I°. Il est clair que les deux lignes NA, NB, s'approcheront sans cesse l'une de l'autre, quand l'objet AB s'éloignera du point N. Dans ce cas, l'angle optique ANB devient de plus en plus petit, aussi bien que l'angle opposé au sommet *a*N*b*, lequel va terminer & circonscrire l'image de l'objet AB dans l'œil.

II°. Il est clair que les deux mêmes lignes NA, NB, s'éloigneront sans cesse l'une de l'autre, quand l'objet AB s'approchera du point N. Dans ce cas, l'angle optique ANB devient sans cesse plus grand, aussi bien que l'angle toujours égal *a*N*b*, qui alors aggrandit de plus en plus l'image de l'objet dans l'œil.

III°. Si l'angle ANB est très-petit, l'objet AB très-éloigné, le diametre AB placé dans la direction de l'arc AB; il est clair que le diametre de l'objet se confond sensiblement avec l'arc AB qui mesure la grandeur de l'angle optique: parce que, à une grande distance du sommet d'un angle, un très-petit arc AB ou CD, ne differe qu'infiniment peu de la ligne droite AB ou CD, qui est le diametre de l'objet. On peut donc dans ce cas, prendre le diametre de l'objet, pour l'arc AB ou BC; & réciproquement. (*Math.* 710.)

AXIOME III.

917. *La grandeur des angles optiques détermine communément la grandeur apparente des objets :* ou bien, *les objets nous paroiſſent pour l'ordinaire, d'autant plus grands, qu'ils ſont vus ſous un plus grand angle optique ; d'autant plus petits, qu'ils ſont vus ſous un plus petit angle optique.*

EXPLICATION. I°. *La vérité de cet axiome eſt conſtatée par l'expérience.* Par exemple, quoique le ſoleil ſoit immenſément plus grand que la lune, ces deux globes ſont vus dans le ciel à peu près ſous la même grandeur : parce qu'ils ſont vus ſous deux angles optiques ſenſiblement égaux, ou qu'ils tracent dans la rétine des images à peu près égales. De même (*fig.* 12), ſoient dans le ciel deux étoiles A & B, & deux planetes *a* & *b*. Quoique l'eſpace AB ſoit immenſément plus grand que l'eſpace *ab*, ces deux eſpaces paroiſſent de même grandeur : parce qu'ils ſont vus ſous le même angle optique ACB, & que les points qui terminent l'un & l'autre eſpace, ſe tracent dans la rétine ſous un même angle.

II°. *Cet axiome eſt conforne à la raiſon.* Car (*fig.* 24), deux objets AB & HK, qui ſe peignent dans l'œil ſous un même angle optique HNK, y tracent deux images *ab* d'égale grandeur : or deux images d'égale grandeur, toutes choſes étant égales d'ailleurs, doivent déterminer l'ame à voir ces deux objets AB & HK, ſous la même grandeur.

Par la même raiſon, deux objets égaux ou négau x AB & CD, qui ſont vus ſous des angles

optiques d'inégale grandeur, tracent dans l'œil des images proportionnelles à ces angles optiques ANB, CND : donc, toutes choſes étant égales d'ailleurs, l'ame doit voir ces deux objets ſous une grandeur proportionnelle aux angles optiques qui forment & terminent ces images.

Cet axiome exige & un développement & une reſtriction, que nous allons donner dans les deux aſſertions ſuivantes.

918. ASSERTION I. *Le diametre apparent d'un même objet, placé à différentes diſtances conſidérables de l'œil, décroît ſenſiblement, comme les diſtances augmentent ; ou eſt en raiſon inverſe des diſtances.* (fig. 24.)

EXPLICATION. Soit un œil N. L'objet AB placé à une diſtance conſidérable de l'œil, à une diſtance = 1, ſera vu ſous l'angle optique ANB; & ſon diametre AB paroîtra comme 1. Le même objet placé en CD, à une diſtance double = 2, ſera vu ſous l'angle optique CND, ſenſiblement plus petit de moitié que le précédent ; & ſon diametre CD paroîtra comme $\frac{1}{2}$. Le même objet, placé en EF, à une diſtance triple = 3, ne ſera vu que ſous un angle optique trois fois plus petit ſenſiblement, que l'angle ANB; & ſon diametre EF, ne paroîtra que comme $\frac{1}{3}$.

DÉMONSTRATION. I°. Les triangles ANB, RND, ſont ſemblables; puiſque leurs angles homologues ſont les mêmes ou égaux : donc le côté RD eſt double du côté AB, comme la baſe ND eſt double de la baſe NB. Donc, par la même raiſon, le côté TF eſt trois fois plus grand que le côté AB, comme la baſe NF eſt trois fois plus grande que la baſe NB. (*Math.* 403.)

Or ſi l'objet AB, reſtant toujours parallele à lui-même, paſſe ſucceſſivement en CD, en EF; il eſt clair qu'en CD ſon diametre n'occupera que la moitié de la ligne RD, qui eſt deux fois plus grande que la ligne AB; il ne ſera donc vu que ſous l'angle optique CND, ſenſiblement plus petit de moitié que l'angle ANB. Il eſt clair qu'en EF ſon diametre n'occupera que le tiers de la ligne TF, trois fois plus grande que la ligne AB; il ne ſera donc vu que ſous l'angle optique FNE, lequel eſt ſenſiblement trois fois plus petit que l'angle ANB.

II°. Quand l'objet AB, CD, EF, eſt aſſez petit & fort éloigné de l'œil, par exemple, un homme qui marche ſur un grand chemin à un quart de lieue, à demi-lieue, à une lieue, de l'œil qui l'obſerve; ſes diametres AB, CD, EF, ſe confondent ſenſiblement avec les arcs AB, CD, EF, qui meſurent les divers angles optiques ſous leſquels l'objet eſt vu à différentes diſtances de l'œil: on peut donc ſubſtituer ces arcs aux diametres de l'objet (916). Or l'objet eſt vu en AB, à une diſtance = 1, ſous l'angle optique ANB = 1; en CD, à une diſtance = 2, ſous l'angle optique CND = $\frac{1}{2}$; en EF, à une diſtance = 3, ſous l'angle optique FNE = $\frac{1}{3}$. Donc, puiſque le diametre apparent des objets eſt communément proportionnel à la grandeur des angles optiques ſous leſquels ils ſont vus, le diametre apparent de l'objet AB paroîtra comme 1 à la diſtance 1; comme $\frac{1}{2}$, à la diſtance 2; comme $\frac{1}{3}$, à la diſtance 3; & ainſi de ſuite: donc le diametre apparent de cet objet, placé à différentes diſtances de l'œil, ſera en raiſon inverſe des diſtances. C. Q. F. D.

919. COROLLAIRE. *La ſurface apparente d'un*

même objet, vu ſucceſſivement à différentes diſtances conſidérables, eſt ſenſiblement en raiſon inverſe des quarrés des diſtances.

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que les deux dimenſions apparentes d'un même objet, ſa hauteur & ſa largeur, décroiſſent proportionnellement, à meſure que l'objet s'éloigne; & tracent dans l'œil des images plus ou moins grandes, mais toujours ſemblables. Or, dans les figures ſemblables, les ſurfaces ſont entr'elles comme les quarrés d'une de leurs dimenſions (*Math.* 499). Donc en ſuppoſant égales les deux dimenſions, la hauteur & la largeur, de l'objet AB; la ſurface apparente de cet objet ſera $1 \times 1 = 1$, en AB; ſera $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, en CD; ſera $\frac{1}{3} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{9}$, en EF. Et ainſi de ſuite, toujours en raiſon inverſe des quarrés des diſtances.

Il faut remarquer ici, à l'occaſion de l'axiome précédent & de ſes dépendances, qu'*un même objet* HK, *placé à la même diſtance* K, *paroît plus grand dans ſa poſition perpendiculaire* HK, *que dans ſa poſition oblique* VK: parce que dans le premier cas, il eſt vu ſous un plus grand angle optique HNK; & que dans le ſecond cas, il eſt vu ſous un moindre angle optique VNK.

920. ASSERTION II. *L'angle optique n'eſt pas la ſeule regle de nos jugements ſur la grandeur des objets, quoiqu'il en ſoit la principale.*

EXPLICATION. La raiſon de cette reſtriction ou de cette modification, c'eſt que ſouvent nous donnons plus de grandeur à certains objets, que n'exige l'angle optique ſous lequel ils ſont vus; que n'exige l'image ſous laquelle ils ſont tracés

dans notre œil. Par exemple (*fig.* 24),

I°. Un homme que je vois d'abord ſur un grand chemin en AB, à la diſtance de 100 toiſes, ſe peint dans mon œil ſous l'angle optique ANB: le même homme que je vois enſuite en CD, à la diſtance de 200 toiſes, ſe peint dans mon œil ſous l'angle optique CND, de moitié plus petit que le précédent: je juge cependant cet homme de même grandeur en AB, & en CD.

II°. Un homme qui voit pour la premiere fois la mer, placé ſur le rivage, apperçoit dans un grand éloignement, un objet qu'il prend pour une petite barque: un autre homme, accoutumé à voir arriver des vaiſſeaux, apperçoit le même objet, qu'il reconnoît être un grand navire. Ces deux hommes apperçoivent le même objet ſous le même angle optique; & cependant le premier attribue à cet objet, bien moins de grandeur que le ſecond: donc l'angle optique n'eſt pas toujours l'unique regle de nos jugements ſur la grandeur des objets.

III°. Il s'enſuit delà, que la maniere de voir dépend à certains égards, de l'uſage & de l'expérience; qu'il y a une vraie *ſcience de voir*; ſcience, qui ſe forme, ſe rectifie, ſe perfectionne par l'habitude & par la réflexion. Par exemple, l'uſage & l'expérience nous ont appris que la ſtature d'un homme eſt d'environ cinq pieds; & que cette ſtature ne change point en elle-même, ſous quelque image qu'elle ſe trace dans notre œil: nous jugeons donc, d'après cette connoiſſance expérimentale, que le même homme qui ſe préſente à notre œil & qui ſe peint dans notre rétine ſous différents angles, eſt toujours de même ſtature en lui-même; & ce jugement étouffe & détruit

détruit en nous le penchant que nous aurions à juger de la grandeur de cet objet, par la différente grandeur des angles ſous leſquels il ſe trace dans notre œil.

De même, un homme qui voit la mer pour la premiere fois, n'a d'autre regle pour juger de la grandeur de l'objet qu'il obſerve dans un grand éloignement, que l'angle optique ſous lequel cet objet ſe préſente à ſon œil; & par-là, il juge cet objet aſſez petit pour être une ſimple barque. Un autre homme, habitué à voir arriver & partir des vaiſſeaux, à les ſuivre de vue dans un long trajet ſur les eaux, a appris qu'un même vaiſſeau, qui près de lui ſe préſente à ſon œil ſous un très-grand angle, ne ſe montre plus à ſon œil dans une grande diſtance, que ſous un fort petit angle: qu'à une grande diſtance, une barque devient preſque inviſible; & un vaiſſeau ſe trace dans l'œil ſous la grandeur d'une petite barque vue à une moindre diſtance. Ces deux hommes jugent différemment de la grandeur de l'objet qu'ils obſervent; parce qu'ils en jugent d'après différentes regles. Le premier ne juge de la grandeur de l'objet qu'il voit, que d'après l'angle optique ſous lequel il l'apperçoit: le ſecond au contraire juge de la grandeur du même objet, d'après l'expérience, qui lui a enſeigné qu'un grand navire, à telle diſtance, ne produit dans l'œil qu'une très-petite image.

IV°. Il réſulte de ces obſervations, non que l'angle optique eſt une regle fautive de nos jugements ſur la grandeur des objets; mais que les jugements fondés ſur la différente grandeur des angles optiques, doivent être dirigés & rec-

tifiés par l'expérience & par la réflexion, d'où doit naître la ſcience de voir en une foule de circonſtances.

V°. M. Smith, dans ſon optique, raconte qu'un jeune Anglois vit clair pour la premiere fois à l'âge de treize ans, par le ſecours d'un habile chirurgien de Londres, qui lui abattit des cataractes; que ce nouveau clairvoyant ne pouvoit juger d'abord de la grandeur & de la figure des objets, & qu'il n'y parvint qu'au bout d'un certain tems. Ce fait prouve-t-il, comme on l'a prétendu, que les angles optiques ne ſervent de rien dans la viſion? Non: il prouve ſimplement, ou que les yeux du jeune homme furent encore malades & mal affectés pendant un certain tems après l'opération; ou que les angles optiques qui ſe traçoient dans ſes yeux, comme dans les autres, ne deviennent une regle propre à faire eſtimer les figures & les grandeurs des objets ſenſibles, qu'autant qu'ils ſont peu à peu dirigés par l'expérience & par l'habitude de voir. Si la grandeur des angles optiques ne fait rien à la viſion, pourquoi arrive-t-il que les objets paroiſſent toujours plus grands ou plus petits qu'ils ne ſont réellement, lorſque les angles optiques qui les terminent, ſont aggrandis ou diminués artificiellement par le moyen d'un verre ou autrement? Pourquoi un enfant voit-il par le moyen d'un microſcope, une puce, auſſi grande qu'un hanneton; ſinon parce que ce microſcope lui préſente la puce, ſous des angles optiques auſſi grands que ceux ſous leſquels il voit naturellement & ſans verre le hanneton?

OBJETS ET MOUVEMENTS INSENSIBLES.

921. OBSERVATION I. Nous avons vu que le *diametre apparent* d'un objet eſt ſenſiblement proportionnel à la grandeur de l'angle optique qui l'embraſſe ou le termine : mais comme cet angle optique peut décroître à l'infini, on a cherché juſqu'à quel point cet angle doit décroître, pour que l'objet qu'il renferme, ceſſe d'être viſible.

I°. Selon les obſervations du docteur Hook, un objet lumineux, un objet brillant de la plus grande clarté, tel qu'une étoile, ceſſe d'être viſible ; quand l'angle optique qui l'embraſſe, a moins d'une demi-minute, ou moins de 30 ſecondes de degré.

Selon le même auteur, la ſurface de l'image tracée dans l'œil, doit avoir au moins un huit millieme de pouce, pour que l'objet qui l'occaſionne, ſoit ſenſible ; & cet objet devient inſenſible, dès que la grandeur de cette image devient moindre dans l'œil.

II°. Selon la plupart des obſervateurs, les objets illuminés, qui brillent d'une moindre lumiere que les corps lumineux, doivent ſe préſenter à l'œil ſous un angle optique plus grand, ſous un angle d'environ 40 ſecondes, pour être viſibles.

D'autres obſervateurs donnent les uns un peu plus, & les autres un peu moins de grandeur aux angles optiques qui rendent ſenſible & viſible un objet : la différence eſt peu conſidérable.

922. COROLLAIRE I. Il s'enſuit delà, qu'*un corps d'une grandeur immenſe, par exemple une planete ou une comete beaucoup plus grande que la terre, doit paroître comme un point à un certain*

éloignement, & disparoître enfin à un plus grand éloignement.

Ainsi une planete plus grande que la terre paroîtra comme un point, quand elle se présentera à l'œil sous un angle optique de 30 ou 40 secondes. Une comete plus grande que la terre disparoîtra & cessera d'être visible, quand à force de s'éloigner de nous (916), elle se présentera à notre œil sous un angle optique, moindre que de 30 ou 40 secondes.

923. COROLLAIRE II. *Les mêmes regles qui nous servent à évaluer la grandeur des objets, nous servent aussi à évaluer la grandeur de leurs vîtesses.*

Car la vîtesse s'estime par la grandeur de l'espace parcouru dans un tems déterminé : or le mouvement ou le déplacement successif d'un objet se peint dans l'œil, ainsi que l'objet lui-même; & la grandeur de ce mouvement ou de l'espace parcouru, s'estime, ainsi que celle de l'objet, par l'angle optique qui l'intercepte. Par exemple (*fig.* 24) :

Si le point M passe successivement de M en O dans un tems déterminé; ce point M décrira dans l'œil la ligne *ab*, & tracera successivement son image dans tous les points de la rétine, interceptés entre *a* & *b* : la grandeur apparente de l'espace parcouru par le point M, sera proportionnelle à l'angle optique MNO qui embrasse cet espace, ou à l'angle égal *a*N*b*. D'où il résulte, en ne faisant attention ici qu'à la seule grandeur des angles optiques (*fig.* 12),

I°. Que si deux corps A & *a*, placés à différentes distances de l'œil, parcourent deux arcs

ſemblables AB & *ab*; ils paroîtront ſe mouvoir avec la même vîteſſe, quoique la vîteſſe du plus éloigné ſoit beaucoup plus grande.

II°. Que ſi la vîteſſe apparente de deux corps A & *a*, qui ſe meuvent autour d'un même centre C, eſt la même; leurs vîteſſes réelles ſont comme leurs diſtances AC, *a*C: puiſque leurs vîteſſes ſont comme les arcs qu'ils parcourent en même tems; & que ces arcs AB, *ab*, ſont entr'eux comme leurs rayons AC, *a*C. (*Math.* 474.)

924. OBSERVATION II. Le mouvement d'un corps eſt tantôt ſenſible & tantôt inſenſible à la vue. Par exemple, l'œil apperçoit facilement, ſur le cadran d'une pendule à ſecondes, le mouvement de l'aiguille qui marque les ſecondes, ſans pouvoir jamais appercevoir, d'un inſtant à l'autre, le mouvement de l'aiguille qui marque les heures; quoique cette derniere aiguille parcoure en une ſeconde de tems, un arc d'environ 21 ou 22 ſecondes de degré. Selon M. Nollet, le mouvement d'un corps devient inſenſible à la vue, quand ce corps ne parcourt en une ſeconde de tems, que l'arc ou la corde d'un arc d'environ 20 ſecondes de degré; quelle que ſoit la vîteſſe abſolue de ce corps: d'où il eſt aiſé de conclure que le mouvement de ce corps deviendra ſenſible à la vue, quand ce corps parcourra en une ſeconde de tems, un eſpace qui répondra à un arc plus grand, à un arc d'environ 25 ou 30 ſecondes de degré.

La raiſon en eſt, que la rétine eſt tapiſſée d'une infinité de petits nerfs, aſſez ſemblables aux poils du velours; & que ces nerfs, ébranlés par les rayons de lumiere que darde ou que

réfléchit ſur eux l'objet viſible, ſe dreſſent & frémiſſent pendant un certain tems après la percuſſion de ces rayons. Ce frémiſſement dure aſſez vraiſemblablement pendant une ſeconde, ſelon M. Muſchembroëk; & l'objet qui darde ou qui réfléchit le rayon lumineux, eſt vu dans l'axe de ce rayon lumineux (912), tant que dure le frémiſſement dans les fibres de la rétine. D'où il réſulte (*fig.* 24),

I°. Que ſi l'objet viſible M ne parcourt en une ſeconde de tems, que l'arc ou la corde d'un angle optique infiniment petit, ou d'un angle optique qui n'ait qu'environ 20 ſecondes de degré; le rayon lumineux, dardé ou réfléchi par l'objet viſible M, tombe, pendant toute cette ſeconde, ſenſiblement ſur le même point *a* de la rétine. L'objet viſible M, toujours vu dans la ligne droite *a*NM, menée de la rétine à l'objet, ſera donc rapporté, pendant cette ſeconde de tems, au même point ſenſible M: il ne paroîtra donc point s'être mu & déplacé pendant cette ſeconde.

II°. Que ſi l'objet ou le point viſible M, quelle que ſoit ſa vîteſſe abſolue, parcourt en une ſeconde de tems, l'arc ou la corde MO d'un angle optique de plus de 30 ou 40 ſecondes de degré; les rayons lumineux, partis des deux extrêmités de cet arc, font ſur différents points de la rétine *ab*, une ſuite d'impreſſions diſtinctes qui exiſtent en même tems, & qui repréſentent le paſſage ſucceſſif de l'objet M, d'un point de l'eſpace au point ſuivant. L'objet ou le point viſible M, toujours vu dans la direction du rayon qu'il envoie dans l'œil, ſera donc rapporté à deux points différents M & O; &

paroîtra s'être transporté, pendant cette seconde, de M en O.

925. APPLICATION. I°. Si le point M est un point rayonnant qui parcoure en une seconde de tems la ligne MO; cet espace MO se peindra dans la rétine *ab*, comme une traînée de feu ou de lumiere. (*fig.* 24.)

La raison en est, que les petits nerfs de la rétine, compris dans l'arc *ab*, frémissent à la fois pendant toute la seconde qu'emploie le point rayonnant M pour se transporter de M en O. C'est ainsi qu'une fusée, que les exhalaisons qu'on nomme *étoiles tombantes*, qu'une mêche allumée qu'on agite avec rapidité, se peignent dans notre œil comme des lignes de feu, droites ou courbes ou mixtes, selon la différence de leurs mouvements.

II°. Sur le cadran d'une pendule à secondes, on voit aisément se mouvoir l'aiguille qui marque les secondes: parce que cette aiguille, surtout dans son extrêmité, se meut avec assez de vîtesse pour parcourir en une seconde de tems, un arc de plus de 25 ou 30 secondes de degré. On ne voit pas de même se mouvoir l'aiguille qui marque les heures: parce que cette aiguille, en une seconde de tems, ne parcourt pas un angle assez grand pour affecter deux points bien séparés & bien distingués, dans la rétine.

III°. Quoique les étoiles & les planetes aient une vîtesse, réelle ou apparente, incomparablement plus grande que celle d'un boulet de canon; cette vîtesse, ce mouvement n'est pas sensible à la vue: parce que, quelque grande que soit cette vîtesse dans les étoiles & dans les planetes, elle ne suffit pas pour faire parcourir à ces astres en

une seconde de tems, un espace capable de répondre dans l'œil à un angle de plus de 20 secondes de degré. (*fig.* 12.)

IV°. Une baguette isolée, qui fait sa révolution autour d'un axe dans environ une seconde de tems, trace dans l'œil qui l'observe, l'image d'une surface continue, conique ou cylindrique: parce que l'impression que fait sur l'œil le rayon lumineux que réfléchit chaque point de cette baguette pendant sa révolution, dure & subsiste dans l'œil, jusqu'à ce que la baguette revienne au même point de sa courbe, réfléchir de nouveaux rayons dans l'œil, & renouveller la même impression.

V°. Si cette même baguette tourne avec une rapidité excessive, l'œil cesse de la voir, du moins distinctement: parce qu'elle passe si rapidement dans chaque partie de l'espace, qu'elle n'a pas le tems de réfléchir une quantité de rayons suffisante pour ébranler sensiblement les fibres de la rétine. C'est pour cette raison, que l'on ne voit pas le mouvement d'un boulet de canon, qui passe devant notre œil dans une direction à peu près perpendiculaire à nos axes optiques: quoiqu'on voie ce même boulet, quand il fuit devant nous parallélement à nos axes optiques.

AXES OPTIQUES.

926. DÉFINITION. On nomme *axes optiques*, deux lignes DA, DB menées d'un même point rayonnant ou éclairé D, au centre de l'une & de l'autre prunelle A & B d'un même homme. (*fig.* 33.)

Ces deux lignes font un angle ADB ou AEB, d'autant plus aigu, que le point D ou E, origine des deux lignes, est plus éloigné (916). La base

ou le côté conſtant de ce triangle, eſt la diſtance AB, interceptée entre les centres des deux prunelles, ou entre les centres des deux rétines. L'angle que vont former dans chaque point ſenſible de l'objet lumineux ou illuminé, les axes optiques AD & BD, ou AE & BE, ſert à évaluer l'éloignement de cet objet.

AXIOME IV.

927. *Nous eſtimons l'éloignement des objets, ou par l'intenſité de la lumiere qui les rend viſibles, ou par le nombre & la grandeur des corps qui les ſéparent de nous, ou par le plus ou le moins de convergence des axes optiques qui affectent nos yeux.*

EXPLICATION. C'eſt ſur-tout dans l'eſtimation de l'éloignement des objets, qu'a lieu la *ſcience de voir ;* ſcience formée en nous par l'inſtinct, par l'habitude, par l'expérience, par la réflexion. Comme tous les objets, voiſins ou éloignés, ſe peignent indifféremment dans notre rétine, ſur différents points ſéparés ; il eſt probable que nous voyons d'abord en naiſſant, tous les objets pêle-mêle, dans nos yeux ou ſur nos yeux ; & que ce n'eſt qu'après un certain tems, que nous nous habituons à les placer à différentes diſtances hors de nous, en vertu d'un inſtinct naturel qui ſupplée à la raiſon & qui en tient lieu à certains égards, dans la plus tendre enfance. Nous allons faire voir que les trois cauſes que nous aſſignons, ſont propres à nous faire apprécier le différent éloignement des objets expoſés à notre vue.

1°. L'intenſité de la lumiere que darde un corps lumineux ou que réfléchit un corps éclairé, diminue, comme le quarré de la diſtance augmente (898) : donc la percuſſion de la lumiere

ſur l'œil, percuſſion toujours proportionnelle à ſa denſité, doit s'affoiblir dans la même proportion. Donc la lumiere dardée ou réfléchie par un objet, doit produire ſur notre œil une impreſſion d'autant plus vive & plus forte, que l'objet eſt moins éloigné de nous; une impreſſion d'autant moins vive & moins forte, que l'objet eſt plus éloigné de nous. Donc l'intenſité de la lumiere, & l'impreſſion plus ou moins ſenſible qu'elle fait ſur nos yeux, doivent être une regle propre à nous faire évaluer le plus ou le moins d'éloignement qu'a l'objet qui darde ou qui réfléchit cette lumiere dans nos yeux.

II°. Le nombre & la grandeur des corps que nous voyons placés entre notre œil & l'objet dont nous voulons eſtimer l'éloignement, eſt auſſi un moyen propre à nous faire eſtimer ſa diſtance. Notre œil, qui apperçoit entre lui & un objet éloigné, un grand nombre de corps ſaillants, dont l'uſage & l'expérience nous ont fait connoître la grandeur, ſaiſit plus aiſément l'intervalle qui le ſépare de cet objet éloigné: parce que cet intervalle, partagé en pluſieurs portions iſolées & bien marquées, donne moins de priſe à la confuſion & à l'erreur; & que les portions mieux connues de cet intervalle, ſe convertiſſent facilement dans l'eſprit en une ſomme totale, qui repréſente à peu près la totalité de l'intervalle ou de la diſtance qu'il falloit apprécier. Par exemple, un objet ſitué à l'extrêmité d'une grande plaine uniforme, ou à une grande diſtance au milieu de la mer, nous paroît toujours conſidérablement moins éloigné qu'il ne l'eſt en effet: parce que entre cet objet & nous, il n'y a rien qui nous marque bien les

portions de cet eſpace. Mais que l'on place entre cet objet & nous, un grand nombre de villages dans la plaine, un grand nombre de vaiſſeaux ſur la mer : l'éloignement apparent de cet objet deviendra ſenſiblement plus grand, & approchera beaucoup plus de l'éloignement vrai & réel ; parce que les différentes portions de cet eſpace ſeront mieux marquées & mieux préſentées à l'eſprit.

III°. Il n'eſt pas moins certain que le plus ou moins de convergence dans les axes optiques qui vont ſe réunir à chaque point viſible d'un objet, nous ſert à juger de l'éloignement de cet objet. Car un inſtinct naturel nous apprend à rapporter les objets qui ſe peignent dans nos yeux, au point où vont ſe réunir les axes optiques (*fig.* 33) ; par exemple, au point D, ou au point E. Or, plus un objet eſt éloigné, moins les axes optiques AE & BE, ont de convergence : ils ſe réuniſſent à un plus grand éloignement E ; & c'eſt là que nous plaçons l'objet. Au contraire, plus un objet eſt près de nous, plus les axes optiques AD & BD, ont de convergence : ils ſe réuniſſent à un moindre éloignement D ; & c'eſt là que nous rapportons naturellement cet objet.

Quand la diſtance de l'objet à nous devient immenſément grande, nous ceſſons de l'évaluer : parce que, à un certain éloignement, les axes optiques AE & BE deviennent ſenſiblement paralleles ; & que dans le triangle AEB, la baſe conſtante AB devient comme nulle par rapport aux côtés AE & BE. C'eſt pour cette raiſon que nous confondons l'éloignement des planetes & des étoiles, dont les rayons qui forment nos axes

optiques, n'ont point une convergence ſuffiſante pour rendre ſenſible à nos yeux, leur différent éloignement. L'intenſité de la lumiere dardée ou réfléchie par ces corps céleſtes, ne peut pas ſuppléer ici au défaut des axes optiques : parce que nous ne ſommes pas habitués à eſtimer par le moyen de l'inſtinct naturel, l'intenſité plus ou moins grande que doit avoir la lumiere à de telles diſtances, qui ſont toujours ſenſiblement les mêmes pour nous.

928. REMARQUE. On peut auſſi, par le moyen d'un ſeul œil, eſtimer à peu près la diſtance des objets ; mais cette eſtimation eſt toujours plus difficile & moins exacte. Cette eſtimation, quand l'objet n'eſt pas fort éloigné (*fig.* 13), ſe fait par le moyen des angles RCA, RCB, que font les rayons CA & CB ſur l'axe optique unique RC. Sur quoi voici deux obſervations à faire.

I°. On verra l'objet D (*fig.* 33) dans la ligne A D*a*, ſi on le regarde avec un ſeul œil A ; dans la ligne B D*b*, ſi on le regarde avec un ſeul œil B ; dans la ligne C D*c*, ſi on le fixe à la fois avec les deux yeux A & B.

II°. Soit au point D, à une diſtance de trois ou quatre pieds, une bague ſuſpendue par un fil ; en telle ſorte que le plan de cette bague ſoit dans la direction CD, & que l'œil ne puiſſe point voir ſon ouverture. Si l'on prend un bâton terminé par une petite baguette tranſverſale, propre à enfiler l'ouverture de la bague ; on réuſſira aiſément à porter la baguette tranſverſale dans la bague, ſi on le tente en fixant la bague avec les deux yeux. Mais ſi l'on tente la même choſe en fermant un œil, la baguette tranſverſale ſera toujours ou preſque toujours

portée en-deçà ou en-delà de la bague : ce qui fait voir combien la convergence des deux axes optiques en D, ſert dans l'eſtimation des diſtances.

DIVERS COROLLAIRES SUR LA VISION.

929. COROLLAIRE I. *Deux lignes ou deux ſurfaces paralleles doivent paroître convergentes à un œil qui les obſerve étant placé entre elles ; & ſi ces deux lignes ou ſurfaces ſont d'une longueur immenſe, elles doivent paroître ſe toucher dans l'extrêmité oppoſée à l'œil.* (fig. 26.)

EXPLICATION. Soient deux rangs d'arbres paralleles MN & RS, entre leſquels ſe trouve placé l'œil A.

I°. La diſtance toujours égale qui ſépare les arbres correſpondants, doit paroître à l'œil, d'autant plus grande, que les arbres ſont plus près de lui ; d'autant plus petite, que les arbres ſont plus loin de lui. Car l'œil A voit la diſtance qui ſépare les deux premiers arbres correſpondants, ſous l'angle optique 1 A 1 ; la diſtance qui ſépare les deux arbres ſuivants de chaque rang, ſous l'angle optique 2 A 2 ; la diſtance qui ſépare les deux cinquiemes arbres correſpondants de chaque rang, ſous l'angle optique 5 A 5. Or ces angles optiques vont en décroiſſant, depuis le premier juſqu'au dernier : donc les eſpaces qu'ils interceptent, qui ſont les diſtances des arbres correſpondants, doivent paroître décroître comme ces angles optiques (917). Donc les lignes paralleles M N & R S, doivent paroître convergentes, doivent paroître ſe rapprocher, à meſure qu'elles s'éloignent de l'œil.

II°. Si les deux extrêmités N & S de ces lignes

ou ſurfaces paralleles, ſont immenſément éloignées de l'œil; elles doivent paroître ſe toucher. Car à un immenſe éloignement de l'œil, la diſtance conſtante N S eſt vue ſous l'angle optique N A S, lequel ſera comme infiniment petit, ſi les deux côtés A N, A S, ſont immenſément grands (916). Ainſi l'eſpace ou la diſtance N S, d'une lieue, de cent lieues, de cinquante millions de lieues, vu ſous un angle optique d'environ 30 ſecondes, ſera inſenſible à la vue (921); & les deux points N & S, qui ne paroîtront point ſenſiblement ſéparés, paroîtront ſe confondre en un ſeul & même point.

On conçoit par-là que deux étoiles, éloignées l'une de l'autre de 50 ou de 100 millions de lieues, doivent paroître contiguës dans le ciel: parce que l'eſpace qui les ſépare l'une de l'autre, eſt comme infiniment petit en comparaiſon de l'eſpace qui les ſépare de nous, & qu'à la diſtance des étoiles, un eſpace de 50 ou de 100 millions de lieues, n'eſt pas aſſez conſidérable pour terminer un arc de 30 ſecondes; arc ſous lequel les objets & les diſtances ſont déja inſenſibles à la vue.

930. APPLICATION. I°. C'eſt ainſi que tout *quarré-long*, par exemple une grande avenue formée par deux rangs d'arbres paralleles, une longue galerie formée par deux murs paralleles, une vaſte prairie renfermée entre deux canaux paralleles, nous ſemble ſe rétrecir vers l'extrêmité oppoſée à celle d'où nous le conſidérons: parce que la diſtance, par-tout la même entre ce quarré, ſe trace à notre œil ſous un plus grand angle optique près de nous; ſous des angles optiques toujours moindres, loin de nous. (*fig.* 26.)

II°. C'eſt par la même raiſon, qu'étant placé ſur le bord d'un lac de quatre ou cinq cents toiſes de diametre, au lieu de voir la ſurface de l'eau horiſontale, comme elle l'eſt en effet, on s'imagine toujours qu'elle s'éleve à meſure qu'elle s'éloigne d'avantage.

Car ſuppoſons que la ligne RS repréſente la ſurface de l'eau. Quoiqu'il n'y ait ici qu'une ſeule ligne ou un ſeul plan RS; l'œil placé en A, à la hauteur d'environ cinq pieds, ſupplée à la ligne ou au plan parallele qui manque, par la direction de ſon regard AB qu'il darde parallélement à la ligne RS. Suppoſant enſuite immobile & invariable dans ſa hauteur cette ligne AB, il eſtime par-tout la diſtance de l'eau à cette ligne, par les angles optiques interceptés entre cette ligne AB & la ſurface de l'eau. Ainſi, comme cette diſtance eſt vue ſucceſſivement ſous les angles optiques décroiſſants BAR, BA1, BA2, BA3, BA4, BA5; elle paroîtra décroître, à meſure qu'elle s'éloigne de l'œil; & la ſurface de l'eau paroîtra s'approcher de plus en plus de la ligne AB, que l'œil ſuppoſe à une hauteur invariable.

III°. Si les deux lignes MN & RS repréſentent le plafond & le pavé d'une très-longue galerie; la ligne MN paroîtra s'abaiſſer à meſure qu'elle s'éloigne de l'œil: parce que l'œil compare la hauteur MN à la direction AB de ſon regard, qu'il juge à une hauteur toujours conſtante; & que, d'après cette ſuppoſition, il voit la diſtance du plafond à cette ligne AB, ſous les angles optiques décroiſſants BAM, BA2, BA5.

IV°. C'eſt par la même raiſon encore, qu'une ſuite de nuages paralleles à l'horiſon, paroît

dans un grand éloignement s'abaiſſer de plus en plus vers l'horiſon. L'œil rapporte la diſtance de ces nuages à l'horiſon, à une ligne horiſontale qu'il ſe trace, & qui fait des angles d'autant plus petits avec la hauteur des nuages, que ces nuages ſont plus éloignés de l'œil. Par exemple, ſuppoſons que la ligne M N répond à cinq nuages élevés d'environ demi-lieue au-deſſus de l'horiſon : l'œil, après avoir dardé ſon regard horiſontal A B, auquel il rapporte la hauteur des nuages qu'il obſerve, voit la diſtance du premier nuage M à la ligne fixe A B, ſous l'angle optique B A 1 ; la diſtance ou la hauteur du ſecond nuage, ſous l'angle optique moindre B A 2 ; la diſtance ou la hauteur des nuages ſuivants, ſous les angles optiques toujours moindres B A 3, B A 4, B A 5. De ſorte que ſi la hauteur du dernier nuage N, ne ſe préſente à l'œil que ſous un angle de 30 ou 40 ſecondes, cette hauteur de demi-lieue devient inſenſible à la vue, & le nuage paroît toucher l'horiſon.

931. COROLLAIRE II. *Si un obſervateur, ſans s'en appercevoir, parcourt une courbe autour d'un point rayonnant ou éclairé, qui ſoit immobile ; ce point immobile paroîtra à l'obſervateur, avoir tourné autour de lui.* (fig. 25.)

EXPLICATION. Soit S, le point immobile, lumineux ou illuminé, lequel étant placé dans le ciel, ſera toujours vu dans un point du firmament. Soit enſuite Z, l'œil de l'obſervateur, qui parcourt la courbe Z X P O Z autour du point immobile, ſans s'appercevoir de ſa révolution. On ſuppoſe ici que la partie *e* Z *a* de l'œil, eſt toujours

toujours tournée & dirigée vers le point rayonnant S, pendant tout le cours de sa révolution autour du point S.

Quand l'œil est en Z, il voit le point rayonnant en P, dans l'axe du cône lumineux qui affecte l'œil (912). Quand l'œil à passé, sans s'en appercevoir, de Z en X; il voit le point rayonnant en O, dans la direction du rayon lumineux XSO. Quand l'œil se trouvera en P, il verra le point rayonnant en Z. Quand l'œil aura passé de P en O, le point rayonnant semblera avoir passé de Z en X. Le point rayonnant S paroîtra donc à l'observateur qui se croit toujours immobile, avoir parcouru autour de lui la courbe PO Z X P, avec un mouvement opposé & égal à celui qu'il a lui-même.

On voit ici l'explication anticipée d'un grand phénomene astronomique, savoir, *pourquoi le soleil immobile au centre du monde planétaire, paroît tourner chaque année autour de l'écliptique;* tandis que c'est la terre qui fait chaque année sa révolution dans l'écliptique, autour du soleil immobile.

932. COROLLAIRE III. *Si un observateur tourne autour de lui-même dans un même lieu, sans s'appercevoir de sa révolution; un point rayonnant immobile lui paroîtra avoir décrit autour de lui une courbe dont le rayon sera la distance de l'observateur au point rayonnant.* (fig. 28.)

EXPLICATION. Soit *a b c d*, l'œil de l'observateur, lequel œil tourne sur lui-même dans la direction *a b c d*, autour du centre immobile *n*. Soit ensuite S, le point rayonnant ou éclairé, immobile au point S, dans le ciel, par exemple.

La courbe SNOD ſera la courbe que paroîtra décrire le point immobile S. Cette courbe peut repréſenter ou l'écliptique, ou telle autre courbe qu'on voudra: nous ſuppoſerons ici qu'elle repréſente l'horiſon, dont le point S ſera l'occident; & le point N, le nord.

I°. Suppoſons d'abord que l'œil *abcd* eſt tout *prunelle* & tout *rétine*; prunelle du côté du point rayonnant; rétine, du côté oppoſé au point rayonnant; enſorte que dans ſa révolution il puiſſe toujours être affecté par le rayon lumineux qui paſſe par ſon centre *n*. Comme nous voyons toujours les objets dans la ligne droite indéfinie, menée du point rayonnant au centre de la prunelle & de la prunelle dans la rétine (912):

L'œil voit d'abord l'objet S dans la ligne *cna*S, à l'occident S. Comme l'œil ſe croit immobile, il jugera néceſſairement que l'objet S aura changé de place, quand la lumiere dardée par cet objet affectera ſa rétine dans un point différent du point *c*: puiſque les objets ſont toujours vus & rapportés dans la ligne droite, menée du point où la rétine eſt affectée, par le centre de la prunelle, vers l'objet.

Quand le point *a* de l'œil, aura paſſé au point *b*; le point *d* ſera en *a*, & le point *b* en *c*. Alors le rayon lumineux affectera la rétine en *b*; & ce point lumineux ſera vu dans la ligne droite *bnd* prolongée juſqu'en S. Comme l'œil ſe croit immobile, & qu'au lieu d'être affecté comme auparavant par la lumiere de l'objet en *c*, il eſt affecté en *b*; il jugera néceſſairement que l'objet S a paſſé de S en N, en parcourant l'arc SN de l'occident au nord, arc égal &

oppoſé à l'arc *ab* qu'il a parcouru lui-même de l'occident au midi.

Quand le point *c* aura paſſé en *a*; le rayon lumineux affectera la rétine en *a* : l'œil verra le point rayonnant dans la ligne *anc* prolongée juſqu'en S, qui paroîtra être en O. Comme l'œil ſe croit encore immobile, il jugera que l'objet S, qui étoit en N, a paſſé de N en O, en parcourant l'arc N O, du nord à l'orient.

Quand le point *b* aura à ſon tour paſſé en *a*, le rayon lumineux affectera la rétine en *d*: l'objet rayonnant ſera vu dans la ligne *dnb* prolongée juſqu'au point S qui paroîtra être en M ; & l'objet S ſemblera encore avoir parcouru l'arc O M de l'orient au midi.

Si l'œil eſt toujours à la même diſtance de l'objet S, il voit toujours cet objet à la même diſtance de lui ; ſavoir, au ſommet du cône lumineux *a* S (912) ; & la courbe que paroît avoir décrit autour de l'œil le point immobile S, eſt un cercle. Comme pendant la révolution *abcd* de l'œil, le rayon lumineux affecte ſucceſſivement tous les points de la rétine, & que l'objet ou le point rayonnant eſt toujours vu à l'extrêmité du rayon lumineux; le point rayonnant S ſera vu ſucceſſivement à l'extrêmité des lignes *cna* S, *bnd* N, *anc* O, *dnb* M : ce point rayonnant S, ou ſi c'eſt un corps qui préſente à l'œil une aſſez grande ſurface, chaque point ſenſible de l'objet lumineux ou illuminé S, paroîtra donc avoir décrit autour de l'œil qui ſe croit immobile, une courbe dans un ſens oppoſé à la révolution *abcd* de l'œil.

II°. Nous avons ſuppoſé que l'œil de l'obſervateur eſt tout prunelle & tout rétine, pour

rendre plus ſimple & plus intelligible l'explication & la démonſtration de cet important corollaire : il nous reſte à faire voir que cette ſuppoſition n'altere & ne détruit en rien la vérité que nous venons d'expliquer & d'établir.

L'obſervateur tourné d'abord vers le point rayonnant S, apperçoit ce point S par le moyen du rayon S *anc*, qui paſſe par le milieu de ſa prunelle, & qui affecte le milieu de ſa rétine *c*; & il rapporte ce point rayonnant vers quelqu'un des principaux points du monde, à l'occident, par exemple. Comme l'obſervateur ſe croit perſévéramment immobile, il regarde toujours comme occident, le point d'où doit partir le rayon lumineux pour paſſer par le milieu de ſa prunelle, & pour affecter le milieu de ſa rétine. D'où il s'enſuit,

En premier lieu, que quand la prunelle *a* aura paſſé en *b*, l'obſervateur devra regarder comme occident le point M; & comme nord, le point S qui n'a plus qu'une direction très-oblique vers ſa prunelle. L'objet rayonnant paroîtra donc avoir quitté l'occident, & avoir reculé de tout l'arc M S, de l'occident au nord.

En ſecond lieu, que quand la prunelle *a* aura paſſé en *c*, l'obſervateur doit regarder comme occident le point O; & comme orient, le point diamétralement oppoſé à ſa prunelle, le point S: l'objet S paroîtra donc avoir reculé de tout l'arc OMS, en allant de l'occident au nord, & du nord à l'orient; & ainſi du reſte de la révolution. Cette explication & cette démonſtration ſont très-ſimples en elles-mêmes; mais elles exigent une grande attention ſur les dépendances de la révolution de l'œil.

Ce corollaire ſert à rendre raiſon d'un grand phénomene aſtronomique ; ſavoir, *pourquoi le ſoleil & les étoiles paroiſſent tourner chaque jour autour de la terre* ; tandis que c'eſt la terre elle-même qui tourne chaque jour, avec tous ſes habitants, ſur ſon axe.

933. REMARQUE. Ce même corollaire ſert encore à rendre raiſon d'une illuſion optique qu'on éprouve aſſez fréquemment. Par exemple, aſſis ſur une barque & emporté rapidement par le courant d'un fleuve, fixez immobilement vos regards ſur le rivage voiſin : vous verrez le rivage s'enfuir derriere vous, avec une vîteſſe proportionnelle à celle de la barque qui vous porte.

La raiſon en eſt, que la lumiere réfléchie par les objets qui bordent le rivage, tombe ſucceſſivement ſur différents points de votre rétine, laquelle participe au mouvement de la barque. D'où, il s'enſuit que tandis que vous vous regardez comme immobile dans votre barque, vous devez rapporter ſans ceſſe le même objet, à de nouveaux points du ciel ou de l'horiſon. Par exemple (*fig.* 27) :

Soit R S, le cours de la riviere, du couchant au levant. Votre œil en *a r*, frappé par le rayon T *r* dans le milieu de ſa rétine, rapportera l'objet T au nord : votre œil en *d m*, ſe croyant toujours en *r*, frappé par le rayon T *n* hors du milieu de ſa rétine, jugera que l'objet T a reculé vers le couchant d'une quantité correſpondante à l'angle *m d n* ; ou que l'objet T a parcouru en avançant vers le couchant, l'eſpace V T.

934. COROLLAIRE IV. *Quand les objets ſont fort éloignés de l'œil, la viſion doit devenir foible &*

confuſe ; l'œil ne doit plus ſaiſir ni la vraie figure, ni la vraie poſition, ni le vrai éloignement des objets.

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que les différentes parties des objets fort éloignés, ſe préſentent à l'œil ſous de fort petits angles optiques; ſe tracent dans la rétine ſous des images très-petites & très-peu éclairées. Par exemple :

I°. Une tour quarrée paroît cylindrique, quand elle eſt vue de fort loin : parce que les rayons qu'elle réfléchit, allant toujours en ſe raréfiant & en s'affoibliſſant à meſure qu'ils s'éloignent du point réfléchiſſant, ne ſont plus aſſez ſenſibles & aſſez efficaces pour tracer nettement & diſtinctement dans l'œil, les angles qui la terminent; ce qui fait qu'elle ſe trace dans l'œil comme ſans angles, & par là même comme cylindrique.

Un rang d'arbres en demi-cercle, paroît, dans un grand éloignement, être en droite ligne : parce que dans un grand éloignement, la lumiere réfléchie par les arbres un peu plus éloignés, eſt ſenſiblement égale en denſité, à la lumiere réfléchie par les arbres un peu moins éloignés; & que les axes optiques qui vont ſe réunir à chaque point ſenſible de chaque arbre, ſont trop peu différents en convergence, pour faire ſentir que tel arbre eſt un peu plus ou un peu moins éloigné que tel autre arbre. Les différentes cauſes qui nous font apprécier l'éloignement des objets (927), n'ont donc pas aſſez de priſe ſur nous dans le cas dont nous parlons, pour nous faire ſentir la différence d'éloignement qu'il y a de nous à chaque arbre ſéparément pris, dans ce rang d'arbres circulaire.

III°. Quand un luſtre, qui n'a qu'une ſeule bougie allumée, tourne ſur lui-même vers le fond d'une grande ſalle ; la bougie qui tourne circulairement, paroît à un ſpectateur placé fort loin à l'extrêmité de cette ſalle, décrire alternativement une ligne droite ſur le mur oppoſé. La raiſon en eſt, que nous rapportons les objets à l'extrêmité du rayon lumineux qui affecte notre œil (912) ; & que la ſomme de tous les rayons lumineux qui affectent notre œil pendant la révolution circulaire de la bougie allumée, ſe termine ſur le mur oppoſé en différents points qui forment ſenſiblement une ligne droite.

DIVERS PROBLÊMES SUR LA VISION.

935. LEMME. *La lumiere qu'un aſtre darde ou réfléchit dans nos yeux, doit être plus foible, quand l'aſtre eſt vers l'horiſon ; plus vive & plus forte, quand l'aſtre eſt vers le méridien.* (fig. 35.)

EXPLICATION. La terre eſt enveloppée d'une grande maſſe d'air, qui s'éleve en ſe raréfiant, à environ 15 lieues au-deſſus de ſa ſurface (743) ; & qui eſt toujours chargée, du moins dans ſa partie inférieure, d'une grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons.

Soit T, le globe terraquée ; *tvx*, l'athmoſphere qui enveloppe ce globe ; S, le ſoleil ou la lune ou tel autre aſtre dans l'horiſon ; Z, le ſoleil dans le méridien ; *ma*, la hauteur de l'athmoſphere ; *m*, un œil dirigé tantôt vers S, tantôt vers Z.

Il eſt évident que cet amas d'air, de vapeurs, d'exhalaiſons, qui forme l'athmoſphere *tvx*, doit

d'autant plus affoiblir la lumiere d'un aſtre, qu'il s'oppoſe en plus longue & plus volumineuſe maſſe aux rayons de cet aſtre. Or il eſt clair que lorſque le ſoleil, par exemple, eſt dans l'horiſon *m n* S, il faut que ſes rayons, pour aller éclairer un œil en *m*, traverſent l'athmoſphere dans toute la longueur *m n;* au lieu que, lorſque le ſoleil eſt vers le zénith dans le méridien *m a* Z, ſes rayons n'ont à traverſer l'athmoſphere que dans la longueur *a m* beaucoup plus courte. D'où il réſulte que la lumiere du ſoleil dans l'horiſon, doit être plus affoiblie, moins vive & moins forte, que dans le méridien. On peut dire la même choſe de la lumiere de la lune, des planetes, des cometes, des étoiles. Sur ce lemme eſt fondée en partie l'explication des phénomenes ſuivants.

936. PROBLÊME I. *Expliquer pourquoi la lune & le ſoleil nous paroiſſent plus grands dans l'horiſon que dans le méridien.* (fig. 36.)

SOLUTION. Le ſoleil placé dans l'horiſon en A, ou dans le méridien en D, eſt toujours ſenſiblement, pendant un même jour, à la même diſtance de l'œil R, autour duquel il décrit ou paroît décrire un cercle, dont R A & R D ſont les rayons. Ce même objet, abſtraction faite de la réfraction aſtronomique qui n'entre pour rien dans ce phénomene, eſt vu pendant toute ſa révolution diurne, ſous le même angle optique *m* R *n*, *v* R *x*, *z* R *y*. On peut dire la même choſe de la lune placée ſucceſſivement en A, en B, en D. Pourquoi ces deux aſtres paroiſſent-ils cependant plus grands en A qu'en B, en B qu'en D? Ce phénomene ſurprenant paroît dépendre con-

jointement de plusieurs causes, que nous allons exposer & examiner.

I°. Le soleil & la lune, placés dans l'horison ou près de l'horison, dardent dans nos yeux une lumiere moins vive (935), & se montrent communément séparés de nous par un grand nombre de corps; & par là, nous les jugeons *plus éloignés de nous* dans l'horison, qu'au-dessus de l'horison ou au méridien, où leur lumiere est plus forte, & où aucun corps visible ne les sépare de nous (927). Le soleil dans l'horison nous paroît en A: le soleil en B, nous paroît en *b*: le soleil dans le méridien en D, nous paroît en *d*. Or toutes choses étant égales d'ailleurs, nous jugeons naturellement & par un instinct invincible, d'*autant plus grand* un objet, que cet objet, vu sous le même angle optique, nous paroît plus éloigné. Par exemple, quand deux arbres ou deux bâtiments se présentent à nos yeux sous le même angle optique; nous jugeons naturellement d'autant plus grand l'un de ces deux objets, qu'il nous paroît placé plus loin de nous: donc en supposant que le soleil ou la lune dans l'horison & dans le méridien, se tracent dans notre rétine sous la même image & sous le même angle optique; ces deux astres doivent nous paroître *plus grands* dans l'horison où ils sont censés plus éloignés, que dans le méridien où ils sont censés considérablement moins éloignés.

En vain objecteroit-on contre cette explication, que la grandeur apparente des objets A, B, D, doit être proportionnelle à la grandeur des angles optiques sous lesquels ils se montrent à nous, & qui sont toujours les mêmes en A, en B, en D. Car nous avons déja observé

que la grandeur des angles optiques n'eſt pas la ſeule regle de nos jugements ſur la grandeur des corps (920); & que l'inſtinct, l'habitude, l'expérience, la réflexion, nous ont appris à déroger naturellement à cette regle, quand les objets qui ſe montrent à nous ſous le même angle optique, nous paroiſſent placés à différentes diſtances de nous. Par exemple, mon doigt, placé à une certaine diſtance devant mon œil, ſe préſente à moi ſous un angle optique auſſi grand que la montagne voiſine. Je ne juge pas cependant mon doigt & la montagne voiſine, de même grandeur : parce que l'expérience & l'habitude de voir, m'ont appris qu'un même objet d'une grandeur conſtante, me paroît d'autant plus petit, ſans changer intrinſéquement de grandeur, qu'il ſe montre à moi dans un plus grand éloignement; & que cette maniere de voir s'eſt convertie dans moi en nature. L'éloignement connu m'aide donc à juger de la grandeur d'un objet; & l'idée de cet éloignement, modifie, rectifie, transforme, ſans que je m'en apperçoive, les idées & les jugements que devroient faire naître en moi les ſeuls angles optiques ſous leſquels ſe montre un objet. Je juge donc d'autant plus grand un même objet, que je le juge plus éloigné en le voyant toujours ſous un même angle optique. Or la lune & le ſoleil, toujours vus chacun pendant un même jour ſous le même angle optique, nous paroiſſent *plus éloignés* de nous dans l'horiſon, où leur lumiere moins vive & plus foible annonce une plus grande diſtance; que dans le méridien, où leur lumiere plus denſe & plus vive annonce une plus grande proximité: donc nous devons juger ces deux aſtres *plus*

grands dans l'horiſon que dans le méridien.

II°. Notre prunelle ſe dilate & ſe reſſerre naturellement : elle ſe dilate, quand la lumiere eſt plus foible ; elle ſe reſſerre ou ſe retrécit, quand la lumiere eſt plus denſe & plus vive. En ſe reſſerrant, elle doit diminuer ; en ſe dilatant, elle doit augmenter la grandeur de l'image que l'objet viſible trace dans l'œil. Donc le ſoleil & la lune, vus dans l'horiſon, doivent ſe peindre dans l'œil ſous une image un peu plus grande, que quand ils ſont vus dans le méridien.

Muſchembroek prétend que ces deux aſtres, vus à travers de longs tubes ſans verres, qui les montrent iſolés, paroiſſent de même grandeur dans l'horiſon & dans le méridien : mais d'autres phyſiciens contrediſent cette obſervation, & aſſurent que ces deux aſtres, vus à travers des tubes de différents diametres, leur ont toujours paru plus grands dans l'horiſon que dans le méridien.

III°. Ces deux aſtres ne paroiſſent pas toujours de même grandeur dans la même poſition dans le ciel : par exemple, la pleine lune dans l'horiſon, à la même diſtance de la terre, paroît tantôt plus & tantôt moins grande. Cette différence ne pourroit-elle pas avoir pour cauſe, les différents états de l'atmoſphere ; laquelle tantôt plus & tantôt moins chargée de vapeurs & d'exhalaiſons, réfracte tantôt plus & tantôt moins les rayons qui partent des extrêmités de cet aſtre, & qui vont le tracer dans l'œil, avec une lumiere plus ou moins vive, & ſous des angles optiques plus ou moins grands ? Dans ce cas, l'athmoſphere feroit la fonction de certains verres optiques, qui augmentent ou qui diminuent la

grandeur des objets. Mais il ſeroit abſurde d'attribuer le phénomene que nous expliquons, à la ſimple réfraction aſtronomique : parce que cette réfraction, loin de faire paroître le diametre de l'aſtre, plus grand dans l'horiſon que dans le méridien, doit produire un effet tout contraire ; comme nous l'obſerverons ailleurs. (1230.)

937. PROBLÊME II. *Expliquer pourquoi le ciel nous paroît, dans une belle nuit, comme une voûte ſurbaiſſée, dont le rayon horiſontal eſt environ trois fois plus grand que le rayon vertical.* (fig. 36.)

SOLUTION. Nous ne conſidérerons dans cette voûte ſurbaiſſée, que la révolution de la lune : il ſera facile d'appliquer la même théorie à la révolution de chaque planete & de chaque étoile.

Nous venons de voir que la lune doit nous paroître plus éloignée dans l'horiſon que dans le méridien (936) : donc en ſuppoſant que la lune ſe trace toujours dans notre œil ſous le même angle optique, en paſſant de l'horiſon au méridien ; quand la lune ſera dans l'horiſon, où elle brille d'une lumiere moins vive, & où elle ſe montre ſéparée de nous par un grand nombre de corps, nous la verrons plus éloignée & ſous un plus grand diametre, en A. Quand la lune ſera notablement au-deſſus de l'horiſon, par exemple à 45 degrés d'élévation, ſa lumiere devenue plus vive nous déterminera à juger qu'elle s'eſt approchée de nous, & nous la verrons moins éloignée & ſous un moindre diametre, en *b*. Quand enfin la lune atteindra le méridien, ſa lumiere de-

venue encore plus vive & plus denſe (935), nous fera juger qu'elle s'eſt encore notablement approchée de nous, & nous la verrons beaucoup moins éloignée & ſous un diametre toujours moindre, en *d*.

Cet éloignement, toujours décroiſſant en apparence, forme la courbe ſurbaiſſée A *b d*, qui repréſente à l'œil la route de la lune. On peut dire la même choſe de la révolution, réelle ou apparente, des planetes, des étoiles; qui brillant d'une moindre lumiere dans l'horiſon que dans le méridien, paroiſſent toutes moins éloignées dans le méridien que dans l'horiſon, & ſemblent décrire chacune une courbe ſurbaiſſée ſemblable à la courbe A *b d*. La ſomme de toutes ces courbes forme la voûte ſurbaiſſée que nous appellons le firmament.

938. PROBLÊME III. *Expliquer pourquoi le ciel, dans une belle nuit, nous paroît comme une voûte azurée.*

SOLUTION. Dans une belle nuit, nous voyons mille ou douze cents points lumineux, parſemés dans le vuide immenſe des cieux, comme attachés & fixés à une voûte ſurbaiſſée & azurée, laquelle n'eſt rien de réel : tel eſt le phénomene dont il s'agit de rendre raiſon.

1°. Quoique parmi ces points lumineux, planetes ou étoiles, les uns ſoient incomparablement plus éloignés de nous que les autres; cependant comme toutes ces diſtances ſont immenſément grandes, notre œil doit les confondre toutes : parce qu'il n'a aucune regle, aucun moyen, qui les lui faſſe diſtinguer (927). Notre

œil rapporte donc ces différents points lumineux à différents points du ciel dans la ligne que ſuit le rayon qui l'affecte, mais à une diſtance commune, quand leur poſition eſt la même.

II°. Comme l'eſpace intercepté entre deux points lumineux, par exemple, entre deux étoiles voiſines l'une de l'autre, ne darde dans nos yeux aucune lumiere; cet eſpace ne ſe peint point ſenſiblement dans notre rétine. Or, comme nous ſommes habitués ſur la terre à trouver des corps opaques dans l'eſpace ténébreux qui ſépare deux corps éclairés, nous généraliſons naturellement cette maniere de voir, & nous nous imaginons que la même choſe a lieu dans le ciel. La ſeule réflexion, ſouvent plus tardive & moins puiſſante que l'habitude & le préjugé, peut corriger & réformer les actes & les jugements qui découlent de ces deux ſources, de l'habitude & du préjugé.

III°. La lumiere, dardée par les étoiles ou réfléchie par les planetes, ſe diviſe & s'éparpille en partie, en traverſant l'athmoſphere qui nous ſépare des corps céleſtes. Cette portion de lumiere, éparpillée par l'athmoſphere, après avoir eſſuyé différentes réflexions dans le fluide qui nous enveloppe, arrive dans notre œil ſous une infinité de directions différentes, qui vont ſe terminer à tous les points ſenſibles de l'eſpace céleſte : delà, dans notre œil, une impreſſion très-foible, mais relative à tous les points de cet eſpace céleſte, & aſſez ſemblable à l'impreſſion que fait ſur nos yeux l'infiniment petite portion de lumiere que répercutent les corps ténébreux ſur la terre.

IV°. Les rayons qui doivent être les plus

détournés de leur route, les plus éparpillés dans l'athmoſphere, ſont ceux qui ſont les plus réflexibles & les plus réfrangibles : ce ſont par-là même, les rayons verds, bleus, pourpres, violets (866), dont le mêlange répond aſſez à la couleur ſous laquelle nous voyons les eſpaces céleſtes. Delà, cette voûte azurée, qui nous paroît ſurbaiſſée, ainſi que la courbe de chaque point lumineux ; parce que la lumiere éparpillée qui nous trace ces eſpaces, eſt plus foible dans l'horiſon, moins foible en allant de l'horiſon au méridien vers le zénith. (937.)

LA PERSPECTIVE.

939. DÉFINITION. La *Perſpective* eſt la ſcience ou l'art de tracer ſur une ſurface, un objet ou un nombre d'objets, tels qu'ils ſeroient vus naturellement à travers la ſurface où l'on veut les deſſiner ou les peindre, ſi cette ſurface étoit tranſparente.

940. PROBLÊME I. *Deſſiner un petit eſpace horiſontal, ſur un plan vertical.* (fig. 38.)

SOLUTION. Soit un rang d'arbres M N, à deſſiner ſur un plan vertical *m n*, comme étant vu du point A. Le plan *m n* étant ſuppoſé tranſparent, le premier eſpace F N ſeroit vu ſous l'angle optique N A F ; le ſecond eſpace F G, ſous l'angle optique F A G : le premier angle étant plus grand que le ſecond, cet eſpace F N doit être peint ſur le plan & dans le deſſin *m n*, ſous une grandeur proportionnellement plus conſidérable.

Par la même raiſon, le premier arbre N,

quoiqu'égal au dernier M, doit être tracé dans le deſſin ſous un angle optique N A *r*, plus grand que l'angle optique M A *t*, qui intercepte le dernier.

941. PROBLÊME II. *Deſſiner une plage conſidérable, dans laquelle ſe trouvent des prairies, des rivieres, des bois, des montages, des villages.* (fig. 39.)

SOLUTION. Après avoir choiſi un point de vue convenable, d'où l'on puiſſe découvrir & appercevoir nettement toute la plage à deſſiner; on aura un rectangle RS, diviſé par de petits cordons de fil ou de ſoie, en un grand nombre de petits quarrés égaux. On placera ce rectangle près de l'œil, devant la plage à deſſiner; & on obſervera d'un même point de vue, où l'œil ſera fixe, les objets répandus dans cette plage, à travers les petits quarrés 1, 2, 9, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *h*.

I°. Ce rectangle RS étant placé verticalement devant l'œil & près de l'œil (comme le petit plan *m n* dans la figure 38); il ſervira à déterminer la poſition reſpective des objets ſitués dans la plage à deſſiner. Il ne s'agit que d'obſerver exactement quel eſt le petit quarré *a* où commence, & quel eſt l'autre petit quarré *c* où finit la vue de chaque objet: ce qui détermine la grandeur des angles optiques ſous leſquels ſont vus les différents objets, la poſition reſpective & la grandeur qu'ils doivent avoir dans le deſſin.

II°. On aura enſuite une toile ou une grande feuille de papier, diviſée en quarrés égaux, ſemblables à ceux du rectangle RS; & l'on tracera ſur cette toile ou ſur ce papier, les objets à deſſiner, dans les quarrés qui correſpondent

à

à ceux à travers leſquels ils ont été vus dans le rectangle R S. Il eſt clair qu'on peut faire le deſſin auſſi grand & auſſi petit que l'on veut : il ne s'agit que de faire les quarrés du deſſin, plus ou moins grands indéfiniment, que ceux du rectangle, à travers leſquels ſont vus les objets. (*Math.* 411.)

III°. Après avoir donné à chaque objet ſur la toile ou ſur le papier, ſa poſition reſpective, ſa grandeur apparente, les traits qui le terminent & qui le caractériſent; on ombrera convenablement chaque partie, & on donnera à chaque objet, avec la couleur qui lui convient, le degré de lumiere plus ou moins vive qu'exige ſa poſition & ſon éloignement.

942. REMARQUE. La *perſpective* eſt principalement la ſcience des peintres. C'eſt cette ſcience qui leur apprend à faire paroître ſur une ſimple toile, par le moyen du clair & de l'obſcur, de la lumiere & de l'ombre, des lointains, des enfoncements, des élévations, que l'œil ſéduit eſt tenté de prendre pour des objets réels, pour la nature elle-même, vivante & animée. Pour opérer cette illuſion optique ſur une toile plane,

I°. Ils tracent ſous un plus grand angle optique, les objets qui doivent paroître plus près du ſpectateur; & ſous un plus petit angle optique, lequel peut décroître à l'infini, les objets qui doivent être apperçus dans un plus ou moins grand éloignement.

II°. Ils donnent des lumieres & des ombres plus fortes, aux objets qui ſont cenſés être plus près du ſpectateur; & des ombres & des lumieres plus foibles, aux objets qui doivent être ap-

perçus dans un lointain plus ou moins grand.

III°. Ils tracent, entre les objets qui doivent être vus comme fort près, & les objets qui doivent être vus comme éloignés, un plus ou moins grand nombre de corps d'une grandeur à peu près connue ; par exemple, des villages, des forêts, des plaines, des montagnes, des nuages : ce qui détermine naturellement le ſpectateur, à juger fort éloignés les objets qui lui ſont tracés au-delà de ces différents corps, leſquels ſe préſentent les premiers comme plus grands, plus ſaillants & plus éclairés.

On voit ici une preuve confirmative de la théorie que nous avons donnée ſur l'influence des angles optiques dans la viſion, ſur la maniere d'eſtimer & d'évaluer les diſtances, ſur la différente denſité de la lumiere dardée ou réfléchie par les mêmes objets tantôt plus & tantôt moins éloignés.

ARTICLE SECOND.

LA CATOPTRIQUE, OU LOIX DE LA RÉFLEXION DE LA LUMIERE.

943. DÉFINITION. LA *Catoptrique* eſt la ſcience du rayon réfléchi : elle a pour objet la lumiere, en tant que répercutée en vertu de ſon élaſticité parfaite, par des corps impénétrables.

Nous avons déja jetté les fondements de cette ſcience, dans la théorie générale du mouvement, où nous avons défini ce qu'on doit entendre par angle de réflexion & par angle d'incidence. (394, 399.)

On peut prendre indifféremment pour angle d'incidence (*fig.* 34), ou l'angle ACB, intercepté entre le rayon incident & le plan réfléchissant MN; ou l'angle ACD, intercepté entre le rayon incident & la perpendiculaire élevée sur le plan au point d'incidence. Si on prend pour angle d'incidence l'angle ACB, l'angle de réflexion sera MCN. Si on prend ACD pour l'angle d'incidence, DCN sera l'angle de réflexion.

THÉORÊME FONDAMENTAL.

944. *De quelque maniere que tombe la lumiere sur un corps impénétrable à ses rayons, l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence.* (fig. 34.)

DÉMONSTRATION I. La vérité de ce théorême nous est constatée par l'expérience. Car soit un rayon solaire AC, introduit dans une chambre par le moyen d'un tube cylindrique inséré dans le volet d'une fenêtre. Il conste par l'expérience, que sous quelque angle que ce rayon tombe sur le miroir plan C, il s'y réfléchit ou faisant un angle de réflexion parfaitement égal à l'angle d'incidence. Que ce miroir soit ou parallele ou perpendiculaire ou incliné à l'horison, la chose est indifférente; l'effet est toujours le même: l'angle de réflexion, mesuré avec la plus scrupuleuse exactitude, se trouve toujours avoir le même nombre de degrés, de minutes, de secondes, que l'angle d'incidence: l'angle ACB est toujours parfaitement égal à l'angle MCN; de même, l'angle ACD est toujours parfaitement égal à l'angle DCN.

DÉMONSTRATION II. La vérité de ce théo-

rême nous eſt également conſtatée par la raiſon. Car elle eſt une dépendance évidente de la théorie générale du mouvement ; comme il eſt aiſé de le faire voir.

I°. Que d'un point lumineux S, un rayon SC ſoit dardé perpendiculairement ſur une ſurface impénétrable quelconque C, plane ou courbe. Il eſt clair que ce rayon n'a, relativement à cette ſurface, qu'une unique eſpece de mouvement, le mouvement perpendiculaire SC : donc ſi ce rayon eſt parfaitement élaſtique, comme l'expérience démontre qu'il l'eſt en effet, il doit ſe réfléchir uniquement ſur lui-même ; parce que la réaction eſt toujours diamétralement oppoſée à l'action (327), & que ce rayon n'a aucune cauſe qui puiſſe le déterminer à ſe porter à gauche ou à droite de la ligne CS.

II°. Que d'un autre point lumineux, un rayon AB ſoit dardé avec une obliquité quelconque ſur une ſurface impénétrable C. On conçoit que ce rayon, relativement à cette ſurface, a équivalemment deux mouvements, ſavoir, un mouvement AD parallele à la ſurface, & un mouvement AB perpendiculaire à la même ſurface ; & qu'en vertu de ces deux forces conſpirantes, il doit décrire dans ſon incidence, la diagonale AC. Or aucun de ces deux mouvements ne périt dans la percuſſion : puiſque le *mouvement parallele* AD, ne rencontre aucun obſtacle ſur le plan ; & que le *mouvement perpendiculaire* AB, totalement détruit par la réſiſtance du plan C, eſt totalement reproduit en ſens contraire par la réaction du rayon. D'où il s'enſuit que le rayon oblique AC, après la rencontre de la ſurface impénétrable C, conſerve les deux mêmes quan-

tités de mouvement qu'il avoit avant le choc ; ſavoir, un mouvement C M, parallele à la ſurface, & un mouvement C D, perpendiculaire à cette ſurface : donc le rayon réfléchi en C, doit décrire la diagonale C N, en vertu des deux forces conſpirantes C M = A D, & C D = A B.

Il réſulte de là, que l'angle d'incidence A C D, & l'angle de réflexion D C N ſont parfaitement égaux. Car dans les triangles A C D & D C N, d'abord le côté C D eſt commun. Enſuite les côtés A D & D N ſont égaux ; puiſqu'ils ſont formés par le mouvement parallele du rayon, lequel eſt toujours le même avant & après la rencontre du plan qui ne lui réſiſte en rien. Enfin les côtés A C & N C ſont auſſi égaux ; puiſqu'ils ſont produits par la même combinaiſon de deux forces conſpirantes, l'une parallele & l'autre perpendiculaire au plan réfléchiſſant. Ces deux triangles A C D & D C N ont donc leurs trois côtés reſpectivement égaux. Or il eſt évident que dans deux triangles, dont les trois côtés homologues ſont égaux, les angles correſpondants ſont auſſi reſpectivement égaux : donc l'angle A C D eſt égal à l'angle D N C ; donc l'angle A C B, complément du premier, eſt auſſi égal à l'angle N C M, complément du ſecond : donc les angles d'incidence ſont parfaitement égaux aux angles de réflexion. C. Q. F. D.

945. REMARQUE. Les ſurfaces réfléchiſſantes peuvent être ou planes, ou convexes, ou concaves, ou mixtes, c'eſt-à-dire, en partie planes & en partie courbes : dans tous les cas poſſibles d'incidence (*fig.* 37) :

1°. *Un rayon dardé perpendiculairement ſur une ſurface impénétrable, plane ou convexe ou concave*

ou cylindrique, rejaillit toujours sur lui-même après la rencontre du miroir quelconque : parce que ce rayon n'a d'autre mouvement relativement à la surface qu'il rencontre, que le mouvement perpendiculaire ; lequel est détruit par la résistance de la surface impénétrable, & reproduit en un sens contraire par l'élasticité propre à la lumiere.

II°. *Les rayons qui tombent obliquement sur des surfaces impénétrables, planes ou convexes ou concaves ou cylindriques, rejaillissent toujours en faisant chacun à part, sur le point de la surface qu'ils rencontrent, point que l'on doit considérer comme une surface plane infiniment petite, un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence.* Cette assertion n'est, comme on voit, qu'une application ou un corollaire du théorême fondamental que nous venons de démontrer.

Direction du rayon réfléchi.

946. EXPÉRIENCE. Si sur un miroir M, on fait tomber obliquement un rayon, on trouvera (*fig.* 37) :

I°. Que *le rayon incident* A M, *& le rayon réfléchi* M R, *sont toujours dans un même plan* B A F M, *perpendiculaire au miroir* M.

II°. Que si le miroir M est convexe ou concave, *un plan mené dans la direction du rayon incident & du rayon réfléchi, passera par le centre de courbure*, en C, par exemple.

III°. Qu'étant donnée la position de l'œil R, de l'objet lumineux ou illuminé A, & d'un miroir plan M ; si on mene les perpendiculaires B A & F R, sur le plan du miroir, & les deux droites B R & F A ; *le point réfléchissant du miroir*

ſera en M, dans la perpendiculaire menée du point d'interſection D ſur le miroir M.

Imparfait parallélisme des rayons ſolaires.

947. EXPÉRIENCE. Soient à un volet de fenêtre V V, deux tubes cylindriques paralleles entre eux, d'environ trois ou quatre lignes de diametre, à travers leſquels paſſeront deux rayons ſolaires A B & D E, qui iront tomber obliquement ſur le miroir plan M N. (*fig.* 40.)

EFFETS. I°. Ces rayons ſolaires A B & D E ſeront ſenſiblement paralleles dans leur incidence, ſi la diſtance du volet au miroir eſt peu conſidérable : ils ſeront auſſi ſenſiblement paralleles dans leur réflexion, tant qu'ils ne ſeront pas fort éloignés des points réfléchiſſants du miroir.

II°. Ces rayons réfléchis B C & E F paroiſſent enfin s'approcher ſenſiblement l'un de l'autre, à meſure qu'ils s'éloignent conſidérablement & de plus en plus des points réfléchiſſants : de ſorte que ſi en *n*, à huit ou dix pieds du miroir, ils ſont éloignés l'un de l'autre préciſément d'un pouce, comme en *a*; en *x*, à mille ou deux mille pieds du miroir, ils ſe toucheront ou ne ſeront plus éloignés l'un de l'autre que de quelques lignes.

III°. Si on meſure le diametre de l'un des deux rayons réfléchis en *n* près du miroir, & en *x* fort loin du miroir; on trouvera que le rayon B C, par exemple, a moins de largeur en *n* qu'en *x*; & que ce rayon, au lieu d'être un cylindre, eſt un cône tronqué, lequel va en s'écartant de plus en plus à meſure qu'il s'éloigne du point réfléchiſſant B.

948. COROLLAIRE. Il réſulte de là, que *les filets lumineux qui compoſent un rayon réfléchi, doivent avoir entre eux une petite divergence, qui inſenſible dans une petite étendue, devient à la fin ſenſible, à force de croître de plus en plus dans une grande étendue.* (fig. 41.)

EXPLICATION. I°. Le ſoleil ſe montre à nous dans le ciel ſous un angle optique A D B d'environ 32 minutes : ce qui fait que les rayons dardés de toutes les extrêmités de cet aſtre ſur un même point réfléchiſſant D du miroir plan M N, ſont un peu convergents, & forment un cône lumineux A D B, dont la pointe eſt appuyée ſur le point réfléchiſſant D, & dont la baſe eſt tout le diſque du ſoleil.

II°. Le filet lumineux A D, qui part de l'extrêmité ſupérieure du ſoleil, atteint le miroir en D ſous l'angle d'incidence A D M, & ſe réfléchit ſous un angle égal N D *a*. L'autre filet lumineux B D, qui part de l'extrêmité inférieure du ſoleil, atteint le miroir en D ſous l'angle d'incidence B D M plus petit que l'angle A D M, d'environ 32 minutes; & ſe réfléchit ſous un angle N D *b* égal à B D M, & moindre que l'angle N D *a* d'environ 32 minutes. Delà une divergence dans cette touffe *a* D *b* de filets lumineux, laquelle embraſſe un eſpace toujours croiſſant à meſure que les rayons réfléchis d'un même point D, s'éloignent de plus en plus du point réfléchiſſant.

III°. Si au point R tombe un ſemblable cône lumineux A R B, ce cône réfléchi produira le cône *v* R *x*. Comme ces deux cônes *a* D *b*, *v* R *x*, ne different que fort peu de la figure cylin-

drique, à cauſe du peu de divergence des filets lumineux qui les compoſent ; ces deux cônes paroiſſent deux cylindres paralleles près des points réfléchiſſants, mais ils ceſſent de paroître paralleles quand ils ſont conſidérablement éloignés des points réfléchiſſants.

IV°. On conçoit par là pourquoi *la lumiere du ſoleil réfléchie par un miroir plan, occupe un eſpace toujours plus grand, à meſure qu'elle s'éloigne de plus en plus du miroir réfléchiſſant.* La raiſon en eſt, que chaque point du miroir réfléchit une touffe de rayons divergents *a* D *b*, *v* R *x* ; & que la ſomme de toutes ces touffes divergentes, va former une image du ſoleil toujours croiſſante, à différentes diſtances du miroir.

Après avoir obſervé la réflexion de la lumiere dans ſa plus grande généralité ; nous allons l'obſerver ſur les miroirs plans, ſur les miroirs convexes & concaves : nous terminerons cet article par quelques obſervations ſur la cauſe immédiate qui opere cette réflexion de la lumiere.

PARAGRAPHE PREMIER.

LES MIROIRS PLANS.

949. EXPÉRIENCE. Quand pluſieurs rayons tombent obliquement ſur différents points d'un même miroir à ſurface plane (*Math.* 523) :

I°. (*fig.* 40.) Si ces rayons A B & D E ſont *paralleles* dans leur incidence, ils reſtent paralleles dans leur réflexion B C & E F.

II°. (*fig.* 42). Si ces rayons A *n* & A *m* ſont

divergents dans leur incidence ſur le miroir R Z, ils ſont réfléchis avec la même divergence *n* N, *m* O.

III°. Si ces rayons A *n* & B *v* ſont *convergents* dans leur incidence, ſans coïncider ſur le même point du miroir, ils ſe réfléchiſſent en conſervant la même convergence *n* N, *v* N.

IV°. Si les rayons convergents A D & B D (*fig.* 41), *coïncident* ſur le même point du miroir, ils ſe réfléchiſſent avec une divergence égale à la convergence qu'ils avoient avant leur réflexion.

La raiſon en eſt, que les rayons qui tombent ſur des miroirs plans, rencontrent par-tout une ſurface uniformément unie, ſur laquelle ils forment par-tout des angles de réflexion égaux aux angles d'incidence (944): ce qui doit néceſſairement leur conſerver, après la rencontre du plan réfléchiſſant, ou le même paralléliſme, ou la même divergence, ou la même convergence, s'ils ne coïncident pas.

THÉORÊME.

950. *Si on place devant un miroir plan* R Z, *un objet quelconque* A B (fig. 42):

I°. *L'image de l'objet paroîtra enfoncée derriere le miroir, à une diſtance du miroir égale à celle de l'objet au miroir.*

II°. *Cette image ſera parfaitement égale & reſſemblante à l'objet.*

III°. *Cette image ſe trouvera dans la même aſſiette que l'objet; avec cette différence cependant, que les parties qui ſont à droite dans l'objet ſeront à gauche dans l'image.*

EXPLICATION. Nous avons déja obſervé que les objets lumineux ou illuminés tracent leur image dans nos yeux; & que cette image n'eſt autre choſe dans l'œil qu'un plus ou moins d'ombre & de lumiere (909, 911). Les objets tracent de même leur image ſur la ſurface d'un miroir plan, & cette image eſt répercutée dans nos yeux par le plan réfléchiſſant, quand nos yeux ſe trouvent dans la direction que ſuit l'image réfléchie.

Quand nous regardons directement un objet, c'eſt cet objet même que nous voyons, par le moyen de ſon image tracée dans notre rétine. Mais quand nous regardons ce même objet dans un miroir, nous n'appercevons que ſon image ou ſon fantôme derriere le miroir où l'objet n'eſt pas. C'eſt cette image ou ce fantôme, qu'il s'agit ici d'examiner & d'expliquer dans toutes les particularités qu'annonce le théorême préſent, & que nous allons démontrer ſéparément.

DÉMONSTRATION I. *L'image de l'objet doit paroître auſſi éloignée derriere le miroir, que l'objet eſt éloigné devant le miroir.* Car,

I°. De tous les points ſenſibles de l'objet éclairé A B, ſont répercutés en tout ſens des cônes lumineux (892), dont pluſieurs ſe portent en ligne droite ſur la ſurface plane du miroir R Z, & que cette ſurface répercute par-tout en faiſant faire à chaque rayon un angle de réflexion égal à ſon angle propre d'incidence. (944.)

II°. Parmi tous les rayons divergents qui partent du point A comme d'un centre de ſphere, & qui vont ſe réfléchir ſur tous les points de la glace R Z, il n'y en a qu'une très-petite portion *n* A *m*, qui réfléchie ſous des angles égaux aux

angles d'incidence, ſoit portée dans l'œil N O. Les autres rayons partis du point A, en faiſant ſur le miroir des angles de réflexion égaux à leurs angles d'incidence, ſont répercutés ou au-deſſus ou au-deſſous ou à côté de l'œil N O: ils ſont donc perdus pour cet œil; & c'eſt pour cette raiſon que nous en faiſons ici abſtraction.

III°. Comme nous rapportons naturellement les objets, à l'extrêmité du cône lumineux qui affecte notre œil (912); nous devons rapporter le point A, au point *a* où vont ſe réunir les lignes N *n*, O *m*, qui circonſcrivent le cône lumineux N *n m* O, par lequel le point A affecte notre œil & ſe peint dans notre rétine. Par la même raiſon, le point B de l'objet, vu par le moyen des rayons B *v* N, B *s* O, ſera rapporté en *b*, derriere le miroir.

La même théorie qui fait voir que les points extrêmes A & B de l'objet, doivent être vus en *a* en *b* derriere le miroir, fera voir que les autres points intermédiaires E du même objet, doivent paroître reſpectivement dans une poſition intermédiaire en *e* derriere le miroir.

IV°. Il reſte à faire voir que l'image *a b* eſt autant éloignée de la ſurface du miroir, que l'objet A B: ce qui eſt fort facile. Car comme les rayons A *n*, A *m*, B *v*, B *s*, font chacun ſur le plan du miroir, un angle de réflexion égal à leur angle d'incidence (944); il eſt clair que les rayons A *n* & A *m*, que les autres rayons B *v* & B *s*, parviennent dans l'œil, après la réflexion, avec la même divergence qu'ils avoient dans leur incidence ſur le miroir (949): le cône imaginaire *m a n* eſt donc parfaitement égal au cône

réel *m* A *n* ; comme le cône imaginaire *s b v* eſt parfaitement égal au cône réel *s* B *v*.

Donc, pour avoir la preuve de ſuperpoſition, tranſportons par la penſée, le cône lumineux *n* A *m*, que le miroir réfléchit dans l'œil, ſur le cône fictice *n a m*, que l'imagination ſe forme derriere le miroir ; & l'autre cône lumineux *v* B *s*, ſur le cône imaginaire *v b s* : les deux cônes réels, dont le ſommet aboutit à l'objet AB, tomberont ſur les deux cônes imaginaires, dont le ſommet aboutit à l'image *a b*. Or les extrêmités des deux derniers, ſont les points où nous rapportons, derriere le miroir, chaque point du fantôme ou de l'image de l'objet AB (912) : donc chaque point de cette image ou de ce fantôme, derriere le miroir, eſt autant éloigné de la ſurface réfléchiſſante, que l'objet lui-même, devant le miroir. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION II. *L'image de l'objet, doit paroître égale & reſſemblante à l'objet.* Je dis, en premier lieu, que l'image *a b* doit paroître de même grandeur que l'objet AB. Car comme la réflexion du miroir plan ne change point la convergence des rayons A *n* & B *v*, qui partent des extrêmités A & B de l'objet (949) ; & que la grandeur apparente des objets réels ou imaginaires, dépend de la grandeur de l'angle optique ſous lequel ils ſont apperçus (916) ; il eſt clair que l'image *a b*, apperçue ſous l'angle optique *a* N *b*, doit paroître avoir la même grandeur préciſe, qu'auroit l'objet A B placé en *a b* ; ou que paroîtroit avoir l'objet A B, vu du point *x*, ſous l'angle optique A *x* B, égal à l'angle optique *a* N *b*.

Je dis, en ſecond lieu, que l'image *a b* doit

paroître reſſemblante à l'objet. Car comme le miroir plan, non coloré, réfléchit uniformément les rayons que l'objet A B lui envoie ; les parties plus éclairées de l'objet, ſeront plus éclairées dans l'image ; les parties colorées d'une façon dans l'objet, ſeront colorées de la même façon dans l'image. D'où il s'enſuit que toutes les parties de l'image ſeront éclairées, colorées, figurées, terminées, comme les parties correſpondantes de l'objet. C. Q. F. D.

DÉMONSTRATION III. *L'image doit avoir le même ordre & la même poſition de parties, que l'objet.* Car comme le miroir plan ne change point l'ordre & l'arrangement des rayons qu'il réfléchit ; il eſt clair que la partie ſupérieure *a* de l'image, doit correſpondre à la partie ſupérieure A de l'objet ; que la partie inférieure *b* de l'image, doit correſpondre à la partie inférieure B de l'objet.

Cependant, comme l'image eſt produite par les rayons qui partent des différents points plus ou moins éclairés de l'objet, il s'enſuit que l'image & l'objet doivent préſenter à l'œil la même partie éclairée : d'où il réſulte que *la partie qui eſt à droite dans l'objet, doit être à gauche dans l'image*, comme ſi l'image étoit la contre-épreuve de l'objet ; & comme on le voit arriver, quand deux perſonnes ſont placées face à face, l'une vis-à-vis de l'autre. C. Q. F. D.

REMARQUE. Si l'objet A B n'eſt pas parallele au miroir R Z, & que le point B, par exemple, en ſoit plus éloigné que le point A ; l'image ſera inclinée au miroir, comme l'objet ; & le point *b* de l'image ſera plus éloigné du miroir que le point *a*, autant que le point B de l'objet eſt

plus éloigné du miroir que le point A.

La raiſon en eſt, que les cônes lumineux $n\,A\,m = n\,a\,m$, & $v\,B\,s = v\,b\,s$, vont ſe réunir en un même point d'autant plus loin, qu'ils ont fait plus de chemin avant d'arriver dans l'œil NO. (914.)

De toute cette théorie ſur la lumiere réfléchie, découlent différents corollaires, que nous allons ſuccintement expoſer & démontrer.

DIVERS COROLLAIRES.

951. COROLLAIRE I. *Quand un objet s'approche d'un miroir plan, ſon image paroît s'en approcher; quand ce même objet s'éloigne du miroir, ſon image paroît s'en éloigner.* (fig. 42.)

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que le cône lumineux $n\,A\,m$, qui va tracer dans l'œil le point A, par exemple, après s'être réfléchi dans la direction n N & mO, ſe termine d'autant plus loin derriere la glace, qu'il part de plus loin dans l'objet; & réciproquement, ſe termine d'autant plus près derriere la glace, qu'il part de plus près dans l'objet (914). Or nous rapportons toujours chaque point viſible d'un objet, au point où va ſe terminer le cône lumineux par lequel cet objet affecte notre œil. (912.)

952. COROLLAIRE II. *Quand le miroir & l'objet ſont paralleles, & que l'œil eſt éloigné du miroir autant que l'objet; la partie réfléchiſſante du miroir eſt de moitié plus petite que l'objet & que l'image.*

EXPLICATION. L'objet AB ſeroit vu du point x, ſous l'angle optique $A\,x\,B$; ce même objet eſt

vu du point N, ſous l'angle optique *a* N *b*. La ligne *n v*, qui coupe par le milieu ces deux angles optiques parallélement aux baſes AB & *a b*, n'eſt que la moitié de ces baſes, ou eſt de moitié plus petite que ces baſes (*Math.* 405). Or la ligne *n v* embraſſe la partie du miroir qui réfléchit les rayons partis de l'objet A B dans l'œil O N : donc la partie réfléchiſſante du miroir, relativement à l'œil N O, eſt de moitié plus petite que l'image AB, & que l'image *a b* égale à l'objet.

D'où il réſulte qu'une perſonne qui ſe regarde dans un miroir, ne peut s'y voir toute entiere, ſi le miroir n'a pas au moins la moitié de ſa hauteur & de ſa largeur. Elle pourra cependant voir dans le miroir des objets de beaucoup plus grands qu'elle ; pourvu qu'elle ſoit fort près & les objets fort loin du miroir : parce que les lignes divergentes N *v* B & N *n* A, prolongées indéfiniment au-delà de l'objet A B, pourront embraſſer un objet d'une grandeur quelconque, qui ſera peint dans l'œil N O, par la réflexion qu'opérera la partie *n v* du miroir.

953. COROLLAIRE III. *Si dans un miroir plan, parallele à l'horiſon, on regarde un objet perpendiculaire à l'horiſon ; l'image de cet objet paroîtra perpendiculaire & renverſée dans le miroir.* (fig. 46.)

EXPLICATION. Soit R Z, le miroir horiſontal ; A B, l'objet vertical ; G H, l'œil du ſpectateur. Le point A de l'objet, eſt peint dans l'œil par les rayons réfléchis A *r* G, A *s* H : il ſera donc vu en *a*, à l'extrêmité des lignes ou des filets lumineux G *r a*, H *s a*, qui affectent l'œil (912). De même le point B de l'objet, eſt peint dans l'œil par

par les rayons réfléchis B *m* G, B *n* H : il ſera donc vu en *b*, à l'extrêmité des lignes ou des rayons G *m b*, H *n b*. On conçoit aiſément que les autres points intermédiaires de l'objet, doivent être repréſentés dans une poſition correſpondante dans l'image *b a*, droite & renverſée : le point E de l'objet, ſera peint en *e* dans l'image.

954. COROLLAIRE IV. *Si dans un miroir plan, incliné à l'horiſon ſous un angle de* 45 *degrés, on regarde un objet perpendiculaire à l'horiſon ; l'image de cet objet paroîtra horiſontale dans le miroir.* (fig. 44.)

EXPLICATION. Soit R Z, le miroir ; A B, l'objet vertical ; G H, l'œil du ſpectateur : *a b* ſera l'image de l'objet. Car le point A de l'objet eſt peint dans l'œil par les rayons réfléchis A *x* H, A *s* G ; & il eſt vu en *a*, au point où coïncident les rayons prolongés G *s*, H *x*. De même, le point B de l'objet, eſt peint dans l'œil par les rayons réfléchis B *m* H, B *n* G, & il eſt vu en *b*. Les points intermédiaires D de l'objet, ſeront repréſentés dans des points correſpondants *d* de l'image horiſontale *a b*.

955. COROLLAIRE V. *Quand un miroir plan tourne ſur lui-même devant un objet ; l'image de cet objet fait une fois plus de chemin, que quand c'eſt l'objet lui-même qui ſe meut autour du miroir immobile.*

EXPLICATION. Quand un objet vertical eſt repréſenté dans un miroir perpendiculaire l'horiſon ; l'image de cet objet eſt parallele au miroir. Mais le miroir vient-il à s'incliner de 45 degrés à l'horiſon ? L'image de l'objet par-

court dans le même ſens que le miroir, un arc de 90 degrés, & devient parallele à l'horiſon. Le miroir continue-t-il à ſe mouvoir, juſqu'à ce qu'il ait parcouru un arc de 90 degrés, & ſoit devenu parallele à l'horiſon? L'image de l'objet parcourt pendant le même tems une demi-circonférence, & devient totalement renverſée perpendiculairement à l'horiſon. L'image a donc un mouvement double de celui du miroir.

La raiſon en eſt, que le rayon réfléchi, quand le miroir ſe meut, ſe déplace & en raiſon de l'angle d'incidence, & en raiſon de l'angle de réflexion : d'où il arrive que le rayon réfléchi, qui peint l'objet dans l'œil, a doublement le mouvement du miroir, & donne à l'image un mouvement deux fois plus grand que celui du miroir. Par exemple : (*fig.* 45.)

Soit le miroir plan MR, ſur lequel tombe le rayon SN. Ce rayon, en faiſant un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence, ſe portera dans un œil en V; & l'objet S ſera vu en *s*, à l'extrêmité du rayon VN (912). Si le miroir tournant ſur lui-même au point N, s'incline de 10 degrés de MR en *mr*; l'angle d'incidence SN*m* ſera plus petit de 10 degrés que l'angle précédent d'incidence SNM : l'angle de réflexion XN*r* ſera donc auſſi plus petit de 10 degrés que l'angle précédent de réflexion VNR. Otez à cet angle VNR, 10 degrés VT, à cauſe de l'inclinaiſon R*r* du miroir ; & 10 degrés TX, à cauſe de la réflexion du rayon ſur le miroir : il reſtera l'ange XNR, qui joint à l'angle RN*r*, formera l'angle de réflexion *r*NX du rayon SN ſur le miroir *mr*. Le rayon SN ſe portera dans un œil en X, & l'objet S ſera vu en *x*. L'image de l'ob-

jet paroîtra donc avoir parcouru l'arc *stv* de 20 degrés; tandis que le miroir n'aura parcouru que l'arc M*m* ou R*r*, de 10 degrés : donc l'image doit avoir un mouvement double de celui du miroir. Par exemple encore (*fig.* 48):

Soit le miroir plan MR, perpendiculaire à l'horiſon, tandis que l'objet S & l'œil O reſtent immobiles aux mêmes points. Un rayon SNO rend viſible à l'œil O l'objet S en *s* : un autre rayon SVT va ſe perdre en T au-deſſous de l'œil O. Que le miroir MR s'incline en *mr* : le rayon SNO ſe réfléchira vers P au-deſſus de l'œil; & l'autre rayon SVT, qui ſe réfléchiſſoit vers T quand le miroir étoit vertical, s'approchera de l'œil O à meſure que le miroir s'incline, avec un mouvement double de celui du miroir, comme nous venons de l'expliquer; & deviendra le rayon S*a*O, qui rendra ſenſible l'objet S en *x*. L'image de l'objet paroîtra avoir parcouru l'arc *sx*, double de l'arc M*m* qu'a parcouru le miroir.

956. COROLLAIRE VI. *Si on diſpoſe pluſieurs miroirs plans en telle ſorte que chaque miroir réfléchiſſe un rayon émané d'un même objet, dans un même œil; l'image de cet objet ſera vue directement autant de fois, qu'il y a de miroirs réfléchiſſants.*

La raiſon en eſt, qu'un objet eſt vu à l'extrémité de tous les cônes lumineux qui le tracent dans l'œil. (912.)

957. COROLLAIRE VII. *L'image d'un objet peut ſe répéter pluſieurs fois dans un même miroir plan.* (fig. 43.)

EXPLICATION. Il s'agit ici de rendre raiſon de cette brillante illuſion optique, que pro-

duiſent deux glaces élevées parallélement l'une vis-à-vis de l'autre dans un même appartement. Un luſtre ſuſpendu entre ces deux glaces, répete pluſieurs fois ſon image dans une même glace, & préſente une foule de luſtres dans le même allignement. La premiere image eſt plus claire & moins éloignée; la ſeconde, moins claire & plus éloignée; la troiſieme moins claire encore & plus éloignée; & ainſi de ſuite, juſqu'à ce que les réflexions des rayons, d'une glace à l'autre, ſoient aſſez réitérées, pour que la lumiere de plus en plus affoiblie, ceſſe de faire une impreſſion ſenſible ſur l'œil.

Soient deux glaces paralleles MR & TZ, entre leſquelles, à égale diſtance de part & d'autre, ſe trouvera une bougie allumée, ou tel autre objet viſible S. Cet objet darde ou répercute en tout ſens des rayons, dont une partie ſe réfléchit pluſieurs fois de la premiere glace ſur la ſeconde, & de la ſeconde ſur la premiere.

I°. L'œil placé en O, voit l'image de l'objet S en *a*, par le moyen du rayon une ſeule fois réfléchi SXO : cette image *a* eſt autant éloignée derriere la glace, que l'objet S eſt éloigné devant la glace. (950.)

II°. L'œil O voit enſuite l'image de l'objet S en *b*, par le moyen du rayon deux fois réfléchi S *t v* O. Cette image *b* eſt deux fois plus enfoncée ou plus éloignée derriere le miroir, que la précédente : parce que le rayon S *t v* O qui la trace à l'œil, a fait deux fois plus de chemin que le rayon SXO (914). Cette image *b* eſt moins claire que la précédente *a* : parce que le rayon qui la forme, a ſouffert deux réflexions qui l'ont affoibli, & a parcouru un double chemin en ſe

raréfiant & en perdant de plus en plus de ſa denſité. (898.)

III°. L'œil O voit encore l'image de l'objet S en *c*, par le moyen du rayon trois fois réfléchi S *p q r* O. Cette image paroît moins claire & trois fois plus éloignée : parce que le rayon qui la trace à l'œil, a fait trois fois plus de chemin que le premier.

IV°. L'œil O voit encore l'image de l'objet S en *d*, par le moyen du rayon quatre fois réfléchi S *k l m n* O. Cette image *d* eſt moins claire & plus éloignée que les précédentes : parce que le rayon qui le trace à l'œil, a ſouffert plus de réflexions & a parcouru plus de chemin que les précédents.

V°. L'œil verra encore d'autres images de l'objet S dans l'alignement *a e f*, par le moyen d'autres rayons qui auront été renvoyés cinq, ſix, ſept, huit fois, d'une glace à l'autre. Mais comme cette lumiere va toujours en s'affoibliſſant, à meſure qu'elle s'éloigne de l'objet lumineux ou illuminé, & qu'elle eſſuie des réflexions; il arrive enfin, qu'après un certain nombre de réflexions d'une glace à l'autre, elle ceſſe de faire ſur l'œil une impreſſion aſſez ſenſible pour y tracer l'image de l'objet S. Plus la lumiere de l'objet S eſt vive & plus les deux glaces ſont voiſines; plus eſt grand le nombre des images dans l'alignement *a b c d e f*.

958. REMARQUE. On peut obſerver toutes les particularités du phénomene que nous venons d'expliquer, par le moyen de deux petits miroirs plans, entre leſquels on tiendra une bougie allumée. (*fig.* 43.)

I°. Si la bougie S eſt également éloignée des

deux glaces MR & TZ, les images *b c d e* ſeront également eſpacées, ou placées à égale diſtance l'une de l'autre.

II°. Si la bougie S eſt rouge du côté de la glace MR, & blanche du côté de la glace TZ; la premiere image *a* ſera rouge; la ſeconde *b*, ſera blanche; la troiſieme *c*, ſera rouge; la quatrieme *d*, blanche; & ainſi de ſuite. Le contraire arriveroit, ſi l'œil étoit tourné vers la glace TZ, dans laquelle il verroit une ſemblable ſuite d'images, dont la premiere ſeroit blanche, la ſeconde rouge, la troiſieme blanche, la quatrieme rouge; & ainſi de ſuite. La raiſon en eſt, que chaque glace réfléchit d'abord dans l'œil les rayons qui partent de la partie de l'objet tournée vers elle.

III°. Si l'objet S s'approche ou s'éloigne de la glace MR, la premiere image *a* s'en approche ou s'en éloigne également. (951.)

IV. Quand l'objet S ſe trouve placé fort près de la glace MR & fort loin de l'autre glace TZ; la premiere image *a*, vue fort près de la glace, eſt fort éloignée de la ſeconde image *b*: parce que le rayon deux fois réfléchi S *t v* O a fait un chemin conſidérablement plus grand que le rayon une ſeule fois réfléchi SXO (914). Mais la troiſieme image *c* eſt peu éloignée de la ſeconde *b*; parce que le rayon trois fois réfléchi S *p q r* O, ne fait guere plus de chemin que le rayon deux fois réfléchi S *t v* O.

Dans ce cas, c'eſt-à-dire, quand la bougie eſt fort près d'une glace & fort éloignée de l'autre, les images ſe préſentent à l'œil, comme un rang de colonnes accouplées, iſolées & rangées par par paires, de diſtance en diſtance.

PARAGRAPHE SECOND.

MIROIRS CONVEXES ET CONCAVES.

959. DESCRIPTION I. Un *miroir convexe* (*fig.* 50) eſt un ſegment convexe APB de ſphere plus ou moins grande, d'une matiere impénétrable à la lumiere, parfaitement poli dans ſa courbure extérieure qui forme le miroir. Le point C eſt le centre de courbure : le point P eſt le pole du miroir : la ligne indéfinie PCD en eſt l'axe.

960. DESCRIPTION II. Un *miroir concave* (*fig.* 52) eſt un ſegment concave MPR de ſphere plus ou moins grande indéfiniment, d'une matiere impénétrable à la lumiere, & parfaitement poli dans ſa ſurface intérieure qui forme le miroir. Selon Wolfe, les miroirs concaves, qui ſont portions de très-grandes ſpheres, ne doivent être qu'un ſegment MPR d'environ 18 degrés : les miroirs concaves, qui ſont portions de ſpheres très-petites, peuvent embraſſer environ 30 degrés de la circonférence.

I°. On nomme *centre de courbure*, le centre C de la ſphere MRDM plus ou moins grande indéfiniment, qu'embraſſeroit la courbure continuée du miroir MPR.

II°. On nomme *pole du miroir*, un point P également éloigné de tous les points qui terminent la ſection circulaire RMR du miroir.

III°. On nomme *axe du miroir*, une ligne droite indéfinie PCN, qui paſſe par le pole & par le centre de courbure.

IV°. On nomme *foyer du miroir*, un petit eſpace F, où ſe réuniſſent & coïncident les rayons

paralleles réfléchis par le miroir concave. Cette dénomination de foyer, vient de ce que les rayons du ſoleil, réfléchis par le miroir concave, brûlent les corps placés à ce point F ou à tel autre point où ils coïncident.

961. DESCRIPTION III. Un *miroir cylindrique* eſt un miroir dont la ſurface réfléchiſſante imite la figure d'un cylindre : un *miroir conique* a la figure d'un cône dans ſa partie réfléchiſſante ; & ainſi des autres miroirs de réflexion, qui doivent être tous d'une matiere impénétrable à la lumiere.

Les miroirs convexes, concaves, cylindriques, pyramidaux, ſont ordinairement de métal. La matiere dont ont fait ces miroirs métalliques, eſt communément une compoſition de huit parties de cuivre, de cinq parties de marcaſſite, d'une partie d'étain, auxquelles on ajoute quelquefois une petite quantité d'antimoine & de ſel ammoniac.

Comme les effets de ces miroirs dépendent uniquement de la réflexion des rayons ; il eſt clair que toute matiere propre à réfléchir la lumiere, peut ſervir à faire des miroirs de réflexion convexes & concaves. On en fait de carton doré ou argenté, qui ont aſſez d'efficacité. On en fait auſſi de verre, étamé comme les glaces ordinaires.

DIVERSES EXPÉRIENCES.

962. EXPÉRIENCE I. *Quand pluſieurs rayons tombent obliquement ſur un miroir convexe* KVH (fig. 53) :

1°. Si ces rayons A *a*, R *r*, ſont *paralleles dans*

leur incidence, ils ſeront divergents dans leur réflexion *a b*, *r s*.

II°. Si ces rayons *b a*, *s r*, ſont *convergents dans leur incidence*, ſans avoir leur direction au centre de courbure C; ils ſeront réfléchis moins convergents *a* A, *r* R. Cette diminution de convergence peut aller juſqu'à les rendre paralleles ou divergents dans leur réflexion *a* T *t*, *r* T *t*.

Si les rayons convergents qui tombent ſur un miroir convexe, avoient leur direction au centre de courbure; ils ſeroient perpendiculaires au miroir, & ils ſeroient réfléchis chacun ſur eux-mêmes. (944.)

III°. Si ces rayons T *a*, T *r*, ſont *divergents dans leur incidence*, ils ſeront réfléchis plus divergents *a v*, *r z*.

La raiſon en eſt, qu'un miroir convexe KVH, doit être conſidéré comme compoſé d'une infinité de petites ſurfaces planes *a r*, dont chacune a une ſituation ou poſition divergente, relativement à celle qui l'avoiſine. Donc chaque rayon doit être réfléchi diverſement, en faiſant toujours ſur l'infiniment petite ſurface *a* ou *r* qu'il rencontre, un angle de réflexion égal à l'angle de ſon incidence propre ſur cette ſurface infiniment petite. (944.)

963. EXPÉRIENCE II. *Quand pluſieurs rayons tombent obliquement ſur un miroir concave* KPH (fig. 53):

I°. Si ces rayons M *m*, N *n*, ſont *paralleles dans leur incidence*, ils ſeront convergents dans leur réflexion *m* X, *n* X.

II°. Si ces rayons M *m*, N *n*, ſont *convergents dans leur incidence*, ils deviendront encore plus

convergents dans leur réflexion : ce qui pourra les faire rencontrer & coïncider en un même point X, au-delà duquel ils deviendront divergents X *g*, X *h*.

III°. Si ces rayons X *m*, X *n*, ſont *divergents, ſans partir du centre de courbure*, ils ſeront moins divergents dans leur réflexion *m* M, *n* N. Cette diminution de divergence peut aller juſqu'à les rendre paralleles, ou même convergents.

Si les rayons divergents partoient du centre de courbure C, ils ſeroient perpendiculaires chacun à la ſurface réfléchiſſante, & chacun ſeroit réfléchi ſur lui-même.

La raiſon de ces effets, c'eſt que le miroir concave KPH, doit être conſidéré comme compoſé d'une infinité de petites ſurfaces planes, dont chacune a une ſituation convergente relativement à celle qu'elle touche. Donc chaque rayon doit être réfléchi diverſement, en faiſant toujours ſur la petite ſurface qu'il atteint, un angle de réflexion égal à l'angle de ſon incidence propre ſur cette infiniment petite ſurface.

964. EXPÉRIENCE III. *Les miroirs concaves n'ont pas leur foyer dans un même point pour toutes ſortes de rayons.* Il y a un foyer pour les rayons paralleles; d'autres foyers pour les rayons convergents; d'autres foyers encore pour les rayons un peu divergents. Il conſte par l'expérience (*fig.* 51):

I°. Que le *foyer des rayons paralleles* AB, DE, MP, eſt entre le pole P & le centre de courbure C, dans un petit eſpace F, à peu près au milieu du rayon de courbure CP.

Je dis *dans un petit eſpace*, & non dans un

point F : parce que la courbure ſphérique n'eſt pas celle qu'il faudroit pour faire coïncider exactement dans un même point tous les rayons réfléchis par le miroir. Cela n'arrive qu'à ceux qui ſont le plus près de l'axe MP du miroir : les autres coïncident dans un petit eſpace autour du point F.

Je dis auſſi *à peu près au milieu du rayon de courbure* : parce que le foyer des rayons paralleles n'eſt pas exactement & préciſément au milieu de ce rayon de courbure, mais un peu plus près du pole P que du centre de courbure C, entre la quatrieme & la cinquieme partie du diametre PCD. (*fig.* 52.)

II°. Que le *foyer des rayons convergents* N*g*, H*i* (*fig.* 51), eſt plus près du miroir en K, entre le pole P & le foyer F des rayons paralleles. Plus eſt grande la convergence de ces rayons, ou plus ils s'éloignent du paralléliſme ; plus leur foyer K s'approche du pole du miroir P.

III°. Que le *foyer des rayons divergents* R*m*, R*o*, eſt en M, plus loin du miroir que le foyer des rayons paralleles AB & DE : que le foyer des rayons moins divergents M*m*, M*o*, eſt en R, moins loin du foyer F des rayons paralleles : que les rayons beaucoup plus divergents K*g*, K*i*, qui divergent d'un point pris entre le miroir & le foyer des rayons paralleles, n'ont point de foyer, quoiqu'ils ſoient réfléchis moins divergents *g*N, *i*H.

Comme les rayons divergents FB, FE, qui partent du foyer F, ſont réfléchis paralleles BA, ED ; il eſt clair que les rayons R*m*, R*o*, qui partent de plus loin que le foyer, ſeront réflé-

chis convergents. La raiſon en eſt, que l'angle d'incidence de ces derniers eſt plus petit que s'ils partoient du foyer F; leur angle de réflexion ſera donc auſſi plus petit: ce qui les empêchera d'atteindre le paralléliſme, & les fera coïncider plus ou moins loin vers M.

IV°. Ces rayons R*m*, R*o*, iront coïncider d'autant plus loin, qu'ils partiront d'un point R plus voiſin du foyer F; & d'autant moins loin, qu'ils partiront d'un point R plus éloigné du foyer F & du miroir P; ſelon qu'ils approcheront plus ou moins du paralléliſme A B & D E, qui les feroit coïncider au point F. S'ils partent du centre de courbure C, ils ſeront tous réfléchis convergents ſur eux-mêmes au point C: parce qu'alors ils ſeront tous perpendiculaires à la ſurface réfléchiſſante.

965. EXPÉRIENCE IV. *Si on expoſe au ſoleil un miroir concave* R P M, *en telle ſorte que l'axe* P C N *de ce miroir, indéfiniment prolongé, paſſe par le centre du ſoleil:* (le miroir M N A doit diſparoître dans cette expérience) (*fig.* 52.)

I°. Les rayons du ſoleil M*m*, N P, A*a*, tous ſenſiblement paralleles entre eux ou comme infiniment peu divergents dans un eſpace peu conſidérable (947), ſeront tous réfléchis dans un très-petit eſpace F, qui eſt le foyer de ce miroir, & qui ſe trouve à peu près au milieu du rayon de courbure CP.

La raiſon en eſt que le miroir concave MPR, eſt formé d'une infinité de petits plans tous convergents entre eux; en telle ſorte que les rayons paralleles du ſoleil, en faiſant chacun ſur le plan qu'il rencontre, un angle de réflexion égal à

l'angle d'incidence, ſe réfléchiſſent tous en F.

II°. Un corps placé en F, ſera brûlé ou calciné par tous ces rayons réunis comme en un même point. Mais ce même corps placé plus près de C ou de P, hors du point F, ne ſera point brûlé ou calciné de même : parce que les rayons ſolaires *m* F, P F, *a* F, ne ſont réunis & ne font leur impreſſion commune qu'au point F. On voit par là pourquoi les miroirs ardents, qui ſont des ſegments concaves de ſphere, ne brûlent les corps qu'à une diſtance déterminée, à peu près au milieu de leur rayon de courbure. (964.)

966. EXPÉRIENCE V. *Si au foyer* F *d'un miroir concave, à égale diſtance à peu près entre le pole* P *du miroir & le centre de courbure* C, *on place une bougie allumée* (fig. 52) :

I°. Tous les rayons divergents F *a*, F P, F *m*, ſeront réfléchis parallélement à l'axe PN : enſorte qu'on verra ſortir de ce miroir un cylindre de lumiere très-vive, lequel ira ſe faire ſentir à une diſtance conſidérable. La raiſon en eſt, que les rayons dardés par la bougie dans cette expérience, répondent aux rayons réfléchis par le miroir dans l'expérience précédente. Ces rayons dardés par la bougie, en faiſant chacun ſur le plan qu'il rencontre, un angle de réflexion égal à ſon angle d'incidence, ſe répercutent tous dans les directions paralleles *m* M, P N, *a* A.

C'eſt ſur ces principes que ſont conſtruites les lanternes ou les lampes à double lumignon, qui donnent pendant la nuit une ſi belle lumiere dans les rues de Paris. Derriere chaque lumignon F, eſt placé verticalement un petit miroir concave échancré R P M, qui ayant ſon foyer

dans le lumignon ou fort peu au-delà du lumignon F, réfléchit parallélement à la rue, de part & d'autre, un grand cylindre ou un grand cône de lumiere. Dans la partie supérieure de la lanterne, est placé horisontalement un grand miroir concave, divisé en deux sections, qui ayant son foyer à la distance des deux lumignons ou un peu au-delà, réfléchit un grand cylindre ou un grand cône de lumiere sur le pavé.

II°. Le cylindre lumineux qui sort du miroir concave MPR, reçu sur un autre miroir concave MNA, à une distance de 20 ou 30 pieds, coïncidera encore en un même foyer *f*, où il donnera une lumiere très-vive.

On peut faire, d'après ces principes, une expérience très-surprenante & très-curieuse. Soit au foyer F, un charbon ardent. Que le tuyau d'un soufflet à double ame, placé dans la direction CF, darde incessamment la chaleur de ce charbon sur le miroir MPR : les molécules ignées se réfléchiront dans les directions paralleles *m*M, PN, *a*A, & formeront une espece de cylindre igné. Si en N, à 20 ou 30 pieds de distance, on place un autre miroir concave, parallele au premier, en telle sorte que leurs axes se confondent ; le cylindre igné, qui part du premier miroir, sera répercuté & réuni par le second miroir en un même foyer *f*, où il allumera de l'amadou ou de la poudre à canon ; comme l'a fait plusieurs fois M. Nollet.

DIVERS COROLLAIRES.

Les miroirs de réflexion, convexes, concaves, cylindriques, coniques, présentent une foule de phénomenes curieux, que nous ne pré-

tendons pas ſuivre & développer dans tout leur détail. Nous nous bornerons à expliquer les plus intéreſſants ; & nous laiſſerons à la ſagacité du lecteur, le ſoin & la ſatisfaction de ſe rendre raiſon par lui-même, de ceux que nous omettrons, & qui dépendent tous des principes que nous avons établis, & dont nous allons montrer l'application.

967. COROLLAIRE I. *Dans un miroir convexe, les images des objets paroiſſent moins enfoncées, que dans un miroir plan.* (fig. 54.)

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que les rayons divergents Sm, Sn, qui partent d'un même point lumineux ou illuminé, augmentent en divergence dans la réflexion mC, nD (962). Ces rayons réfléchis Cm, Dn, coïncident donc & font voir l'objet en s (812), moins loin du miroir convexe TmnV, que ſi le miroir étoit plan. (950.)

968. COROLLAIRE II. *Les images qu'on voit dans un miroir concave, ſont plus enfoncées, que dans un miroir plan.* (fig. 49.)

EXPLICATION. La raiſon en eſt, que les rayons divergents Ar, Ax, qui partent d'un même point lumineux ou illuminé, diminuent en divergence dans leur réflexion rN, xO (963). Ces rayons réfléchis Nr, Ox, coïncident donc & font voir l'objet en a, plus loin du miroir concave TPV, que ſi le miroir étoit plan.

969. COROLLAIRE III. *Dans un miroir convexe, les images des objets ſont plus petites, que dans un miroir plan.* (fig. 57.)

EXPLICATION. Soit l'objet AC, vu par l'œil O,

dans le miroir convexe BD, assez près du miroir en *a c* (967). Les rayons convergents AB, CD, qui partent des extrêmités de l'objet pour se rendre dans l'œil O, deviennent moins convergents dans leur réflexion BO, DO (962). L'objet AC sera donc vu en *a c*, sous un angle optique *a* O *c*, lequel sera plus petit que si les rayons OB, OD, qui le forment, avoient été réfléchis avec toute la convergence qu'ils avoient dans leur incidence.

Si le miroir convexe *x* B D étoit plan, si les rayons AB & CD ne perdoient rien de leur convergence dans la réflexion ; l'image de l'objet seroit vue sous l'angle optique *x* O *c*, plus grand que *a* O *c* : cette image paroitroît donc plus grande. (917.)

970. COROLLAIRE IV. *Les images des objets qu'on voit dans un miroir concave, sont plus grandes, que si elles étoient vues dans un miroir plan.* (fig. 55.)

EXPLICATION. Soit l'objet MN, vu par l'œil R, dans le miroir concave VX, assez loin derriere le miroir en *m n* (968). Les rayons MV, NX, qui partent des extrêmités de l'objet pour se rendre dans l'œil R, augmentent en convergence dans leur réflexion VR, XR (963) : l'objet MN sera donc vu sous un angle optique *m* R *n*, plus ouvert & plus grand, que si les rayons RV, RX, qui le forment, eussent été réfléchis par un miroir plan qui n'eût point augmenté leur convergence.

Images dans les miroirs & hors des miroirs.

971. OBSERVATION I. Les miroirs plans, les miroirs convexes, les miroirs cylindriques, font toujours voir l'image de l'objet derriere la ſurface réfléchiſſante. Ces miroirs ſe trouvent toujours entre l'image & l'œil du ſpectateur.

Il n'en eſt pas de même des miroirs concaves. L'image de l'objet eſt placée & ſe montre tantôt derriere & tantôt devant la ſurface réfléchiſſante ; quelquefois dans la même poſition que l'objet, & quelquefois dans une poſition renverſée. Toutes ces variétés dépendent de la maniere dont les rayons ſont réfléchis par le miroir, & reçus dans l'œil du ſpectateur. L'expérience & la théorie nous apprennent de concert (*fig.* 49) :

I°. Que quand l'objet eſt placé devant le miroir concave, entre le foyer F & le pole P, en A, par exemple ; *l'image eſt vue derriere le miroir*, en *a*, ſur l'axe prolongé. Dans ce cas, l'image ſe montre dans une ſituation aſſez correſpondante à celle de l'objet ; comme dans la *figure* 55 : elle n'eſt point renverſée.

II°. Que quand l'objet ſe trouve placé plus loin que le foyer F, en-deçà ou en-delà du centre de courbure C; *l'image ſort du miroir*, & s'avance plus ou moins hors du miroir, ſuivant l'éloignement de l'objet à la ſurface réfléchiſſante. Par exemple, l'objet B eſt vu, non derriere le miroir, mais hors du miroir en H : mais il faut que l'œil ſoit placé au-delà du point H, en M. *Dans ce cas, l'image eſt à contre-ſens de l'objet ; elle eſt renverſée :* la partie ſupérieure de l'objet eſt en bas dans l'image ; & la partie inférieure du même

objet, eſt en haut dans l'image. Pour rendre ſenſible ce phénomene (*fig.* 56):

Soit la fleche AB, placée plus loin que le foyer F du miroir concave MN. Les rayons divergents AM, qui partent du point A, ſont réfléchis convergents en *a*, d'où ils ſe rendent divergents dans l'œil H: le point A eſt donc vu en *a* (912). Les autres rayons divergents BN, qui partent du point B, ſont réfléchis convergents en *b* (964), d'où ils ſe rendent divergents en H: le point B eſt donc vu en *b*. L'image de l'objet AB eſt donc vue hors du miroir en *ba*, dans une ſituation oppoſée à celle de l'objet, ou à contre-ſens de l'objet: parce que les rayons qui la tracent dans l'œil, ſe ſont croiſés vers F, avant d'arriver dans l'œil H.

972. OBSERVATION II. Si en *ab* on met un carton blanc, ſur lequel on recevra les rayons réfléchis *a*M, *b*N; l'image de l'objet AB paroîtra deſſinée ſur ce carton, par les pyramides lumineuſes M*a*, N*b*; & un œil placé vers R, verra cette image *ab*, par le moyen des rayons divergents *a*R, qui partent de chaque point de l'image réfléchis par le carton. Mais ſi on préſente ce carton en-deçà ou en-delà du point où coïncident les rayons M*a*, N*b*; il n'y aura plus d'image: parce que *les rayons partis d'un même point d'un objet, ne tracent l'image de ce point de l'objet, que dans leur point de coïncidence*, le point A en *a*, le point B en *b*. Il réſulte de cette obſervation ou de cette expérience. (*fig.* 56.)

I°. Que *les miroirs plans, les miroirs convexes, les miroirs cylindriques, ne forment jamais d'image hors d'eux-mêmes:* parce que loin de faire coïncider les rayons divergents, partis d'un même

point, qu'ils réfléchiſſent; ils leur laiſſent toute leur divergence, ou ils augmentent leur divergence, dans la réflexion.

II°. Que *les miroirs concaves ne forment pas toujours & par-tout image :* parce que, quoiqu'ils diminuent toujours la divergence des rayons A R dans la réflexion, ils ne la diminuent pas toujours aſſez pour rendre ces rayons convergents, & pour les faire coïncider en un même point. (*fig.* 49.)

III°. Que *le point où les miroirs concaves forment image, eſt tantôt plus près & tantôt plus loin du miroir,* ſelon que l'objet eſt placé plus ou moins loin du miroir, au-delà du foyer. Si le point lumineux ou illuminé B étoit placé plus près du miroir, mais toujours plus loin que le foyer F; les rayons BXH coïncideroient & formeroient image plus loin du miroir, vers le point K. Si ce même point B étoit plus loin du miroir; les rayons BXH coïncideroient & formeroient l'image H, plus près du miroir. (964, IV°.)

L'image H eſt d'autant plus vive, toutes choſes étant égales d'ailleurs, que l'objet B eſt plus près du miroir : parce que la lumiere qui, par ſa réunion en un même point, forme les images des objets, s'affoiblit d'autant plus, qu'elle parcourt un plus grand eſpace avant d'être réfléchie. Cette obſervation confirme ce que nous avons dit ailleurs, que les images des objets, ſoit dans l'œil, ſoit hors de l'œil, ne paroiſſent être autre choſe qu'un plus ou moins d'ombre & de lumiere. (911.)

IV°. Que *quand l'objet eſt placé au foyer du miroir, il n'y a point d'image* : parce que tous les rayons divergents, partis d'un même point lu-

mineux ou illuminé, ſont réfléchis paralleles & ſans coïncidence. (966.)

V°. Que *quand l'objet eſt placé au centre de courbure, il n'y a point encore d'image :* parce qu'alors tous les rayons ſont réfléchis confuſément ſur eux-mêmes & coïncident tous pêle-mêle ſur un même point; ce qui doit ou ne donner point d'image, ou ne donner que des images infiniment confuſes.

973. COROLLAIRE V. *Si devant un miroir cylindrique, perpendiculaire à l'horiſon, on place parallélement un objet quelconque; l'image de cet objet aura autant de hauteur & moins de largeur, qu'elle en auroit ſi le miroir étoit plan.*

EXPLICATION. I°. L'image aura la même hauteur, que ſi le miroir étoit plan : parce que les plans infiniment petits qui compoſent un miroir cylindrique, n'ont ni convergence, ni divergence, relativement à leur hauteur. Ils équivalent donc à cet égard & ſous ce rapport, à un miroir plan.

II°. L'image aura moins de largeur, que ſi le miroir étoit plan : parce que les plans infiniment petits qui compoſent un miroir cylindrique, ont tous, relativement à la largeur du miroir, une divergence qui les transforme en zones circulaires, en polygones d'une infinité de côtés tous divergents. Les rayons qui tombent ſur ces infiniment petits plans divergents, ſe réfléchiſſent chacun différemment, ſelon la diverſité de leur angle d'incidence, & s'écartent d'autant plus après la réflexion, que le plan réfléchiſſant devient plus oblique à leur chûte. Par exemple (*fig.* 58):

Soit VZ, une zone circulaire d'un miroir cylindrique ; AB, un objet ou un eſpace qui va ſe peindre dans cette zone réfléchiſſante ; *r s*, un œil qui regarde le miroir cylindrique. Du point A part le cône lumineux *d* A *c* : du point B part l'autre cône lumineux *n* B *m* : la zone réfléchiſſante, eſt un miroir convexe relativement aux rayons qui l'atteignent. Le cône lumineux *d* A *c*, devenant plus divergent dans la réflexion (962), ſe convertit en *r a s* : le point A ſera donc vu en *a* (912). De même, le cône lumineux *n* B *m*, devenant plus divergent après la réflexion, ſe change en *r b s* : le point B eſt donc vu en *b*. L'eſpace ou l'objet AB, ſera donc vu dans l'eſpace très-rapproché *a b*. L'objet AB perdra donc beaucoup de ſa largeur, ſans rien perdre de ſa hauteur dans le miroir cylindrique. Il réſulte delà,

En premier lieu, qu'un objet fort régulier en lui-même, doit préſenter dans le miroir cylindrique une image fort irréguliere : parce que l'image de cet objet conſerve une de ſes dimenſions, & perd en grande partie l'autre.

En ſecond lieu, qu'un objet fort irrégulier dans ſa figure, peut préſentér dans le miroir cylindrique, une image fort réguliere : parce que l'image de cet objet peut perdre en largeur, ce que l'objet a de difforme & de monſtrueux dans cette dimenſion. On deſſine, pour ces ſortes de miroirs, des tableaux qui n'offrent rien que de biſarre ou de difforme à la ſimple vue ; & qui, vus dans ces miroirs placés convenablement, préſentent des objets forts réguliers.

974. COROLLAIRE VI. *Dans un miroir conique*,

les images doivent paroître dans un ordre & dans une position totalement différentes des objets. (fig. 60.)

EXPLICATION. Soit VXZ, un miroir conique, posé sur sa base horisontale; AMNR, un tableau ou une plaine, qui peut se peindre de toute part dans le miroir conique; O, un œil qui voit de toute part la surface réfléchissante du miroir conique.

I°. Le miroir conique, envisagé dans sa hauteur VX & ZV, équivaut à un miroir plan incliné à l'horison : il doit donc représenter les objets perpendiculaires à l'horison, dans une situation plus ou moins inclinée vers l'horison. (954.)

II°. Le miroir conique, envisagé dans sa largeur, est un assemblage de zones circulaires, décroissantes depuis la base jusqu'à la pointe : sous ce point de vue, il équivaut à une infinité de miroirs convexes d'un diametre décroissant. Ce miroir étant supposé vertical, il doit donc diminuer la largeur des objets perpendiculaires à l'horison (969), sans diminuer leur hauteur qu'il se borne à incliner à l'horison.

III°. L'œil O voit l'objet A, par le moyen du rayon A*s*O; & l'objet C, par le moyen du rayon C*t*O. L'objet A, fort éloigné du miroir, sera donc vu en *a*, fort près du centre du miroir; tandis que l'objet C, peu éloigné du miroir, sera vu en *c*, assez loin du centre du miroir. De même, l'objet M sera vu en *m*; & l'objet R, en *r* toujours dans la base ou vers la base du miroir.

Tous ces objets seront donc vus dans le miroir conique, dans une situation & dans une

poſition toutes différentes de celles qu'ils ont en eux-mêmes. D'où il s'enſuit que dans un miroir conique, ainſi que dans un miroir cylindrique (973), un objet fort régulier en lui-même, doit préſenter une image très-irréguliere; & qu'un objet fort irrégulier, peut préſenter une image très-réguliere.

MIROIRS ARDENTS.

975. DÉFINITION. On nomme *miroirs ardents*, certains miroirs, qui en réuniſſant & en concentrant les rayons du ſoleil, brûlent & calcinent les corps expoſés à leur foyer.

I°. Il y a des *miroirs ardents par réfraction* : ils ſont communément de verre, convexes & parfaitement polis dans leurs ſuperficies : nous en parlerons dans l'article ſuivant.

II°. Il y a des *miroirs ardents par réflexion :* ils ſont communément de métal, concaves & parfaitement polis dans la ſuperficie deſtinée à réfléchir & à concentrer dans un même petit eſpace, les rayons ſolaires. C'eſt de cette eſpece de miroirs qu'il eſt ici uniquement queſtion.

Zonare, Tzetze, Galenus, & pluſieurs autres anciens hiſtoriens que cite Tzetze, rapportent que pendant le ſiége de Syracuſe ſous Marcellus, Archimede mit en feu pluſieurs fois les flottes Romaines, par le moyen de certains miroirs ardents de ſon invention. Zonare rapporte encore que Proclus, pendant le ſiége de Byſance, opéra le même prodige & par le même moyen, ſur les flottes de Vitellien. Si le fait eſt vrai, il faut qu'Archimede & Proclus aient employé des miroirs aſſez ſemblables à celui dont nous parlerons bientôt, des miroirs compoſés de pluſieurs

pieces, & dont le foyer fût mobile. Car il eſt certain que les miroirs d'une ſeule piece, quelle que ſoit leur figure & leur grandeur, n'ont leur foyer qu'à une diſtance fixe, en-deçà & en-delà de laquelle ils ne brûlent point (965); & il ſeroit abſurde de ſuppoſer qu'une foule de vaiſſeaux ſe ſoit venu placer ſucceſſivement à ce foyer, pour ſe faire incendier.

976. EXPÉRIENCE. Que dix ou douze ou quinze prſonnes, placées dans la circonférence ou dans l'aire d'un cercle plus ou moins grand, reçoivent en même tems les rayons du ſoleil ſur des miroirs plans, de verre ou de métal, de trois ou quatre pouces de diametre; & que chacune d'elles ait ſoin de faire réfléchir ces rayons ſolaires ſur la boule d'un thermometre, placé d'une maniere convenable à une diſtance de douze ou quinze pieds.

EFFETS. On verra la liqueur du thermometre s'élever en peu de tems, beaucoup au-deſſus de l'endroit où elle étoit, avant qu'elle reçût toutes ces images coïncidentes du ſoleil.

EXPLICATION. I°. *Chacun des miroirs plans reçoit une image du ſoleil*, ou une certaine quantité de rayons, qu'il réfléchit ſur le thermometre en queſtion. Or comme chaque rayon à part, eſt armé d'un feu qui lui eſt propre; il eſt clair que pluſieurs images du ſoleil, réfléchies & raſſemblées à la fois ſur ce thermometre, doivent lui communiquer un degré de chaleur proportionnel à la ſomme de tous les rayons qui l'affectent.

II°. Comme le ſoleil ſe montre à nous dans le ciel ſous un angle d'environ 32 minutes; *les rayons qui*, partis de toutes les extrêmités de cet aſtre, *viennent ſe réfléchir ſur un même point*

d'un miroir plan, ſe réfléchiſſent un peu divergents, ſous la forme d'un cône dont la pointe eſt appuyée ſur le point réfléchiſſant (947) : ce qui fait que l'image du ſoleil, réfléchie par le miroir plan, eſt plus grande que le miroir réfléchiſſant; & va en croiſſant de plus en plus, à meſure qu'elle s'éloigne du miroir. Selon M. du Fay, l'image du ſoleil, réfléchie par un miroir plan d'un pied en quarré, ſe trouve dix fois plus grande que le miroir, à une diſtance de 600 pieds.

III°. Quoique la lumiere du ſoleil, réfléchie par un miroir plan, doive néceſſairement eſſuyer un déchet & un affoibliſſement, ſoit par les imperfections du miroir qui ne réfléchit jamais tous les rayons qu'il reçoit, ſoit par la divergence que prennent les rayons réfléchis en s'éloignant du miroir; il conſte cependant par les expériences de M. du Fay, que *la dixieme partie des rayons renvoyés par un miroir plan d'un pied en quarré, à* 100 *toiſes ou* 600 *pieds de diſtance, avoit encore la force de brûler*, quand on les raſſembloit dans un très-petit eſpace par le moyen d'une loupe de verre. D'où il réſulte que la lumiere du ſoleil, réfléchie par un miroir plan, n'eſſuie point un déchet ou un affoibliſſement auſſi conſidérable qu'on pourroit le croire.

IV°. Si, par le moyen d'une grande loupe, on raſſemble une quantité conſidérable de rayons ſolaires (*fig.* 47); on trouvera que ces rayons augmentent en chaleur, à meſure qu'ils ſe rapprochent & qu'ils augmentent en denſité; mais que *cette augmentation de chaleur ſe fait dans un bien plus grand rapport que celui de la denſité.* Car ſoit la denſité des rayons en A comme 1, en B

comme 4, en F comme 9; on trouvera que ſi la chaleur en F eſt ſuppoſée comme 9; elle ſera de beaucoup moindre que 4 en B, incomparablement moindre que 1 en A.

Il réſulte de cette obſervation, que ce feu des rayons ſolaires, de quelque maniere que cela ſe faſſe, devient d'autant plus actif, qu'il eſt plus concentré; & que cette augmentation d'activité doit ſe faire & ſelon une *proportion de denſité* dans les rayons, & ſelon une autre *proportion de proximité* dans ces mêmes rayons: ſoit qu'à cette augmentation de proximité dans les rayons ſoit attachée une augmentation d'affinité & d'attraction réciproque, d'où naiſſe une eſpece de fermentation intrinſeque propre à augmenter leur action; ſoit, ce qui eſt plus vraiſemblable, que l'action de ces rayons déja augmentée en raiſon de leur denſité, ſe tranſmettant aux parties ignées qui ſont comme aſſoupies dans les pores des ſubſtances qu'ils rencontrent, les excite juſqu'au point d'y faire naître un véritable embraſement, lequel ajoutant ſon action à celle de ces rayons, en augmente prodigieuſement l'activité.

V°. On conçoit facilement, par tout ce que nous venons de dire, comment *une foule d'images du ſoleil, réunies & comme concentrées ſur un même thermometre, doivent y produire une grande augmentation de chaleur*; comment, en multipliant de plus en plus ces mêmes images ſur un même objet, on peut y produire un degré de chaleur qui aille juſqu'à l'embraſement, juſqu'à la calcination de cet objet.

977. PROBLÊME. *Faire, avec une foule de très-*

petits miroirs plans, un miroir ardent, qui brûle & calcine les corps à différentes distances.

SOLUTION. I°. Sur le fond d'un très-grand chassis sphériquement concave, en forme de calotte, soient arrangés & fixés une foule de petits miroirs plans, de verre ou de métal; en telle sorte que l'axe de cette calotte étant dirigé vers le centre du soleil, tous les petits miroirs plans réfléchissent l'image du soleil sur un même point, à 150 pieds de distance, par exemple. Il conste par l'expérience que nous venons de rapporter, & par l'explication que nous venons d'en donner, qu'un tel miroir, composé de deux ou trois cents petits miroirs plans, doit produire un très-grand degré de chaleur sur l'objet où tombent & coïncident ces deux ou trois cents images du soleil, toutes armées d'un feu qui augmente & en raison de la densité & en raison de la proximité des rayons.

II°. Que la calotte sphérique, composée d'une foule de parties mobiles, artistement liées les unes aux autres, & sur lesquelles sont fixés les petits miroirs plans, soit tellement construite, que par le moyen d'une vis elle puisse aisément s'ouvrir tantôt plus & tantôt moins, en conservant toujours une courbure sensiblement sphérique : cette calotte deviendra un miroir concave d'une courbure variable, lequel aura son foyer à une distance tantôt plus grande, tantôt plus petite, à volonté (964). Ce sera le miroir dont on demande la construction.

Le miroir ardent dont nous venons de donner une idée, a été exécuté dans ces derniers tems, avec le plus grand succès, par M. de Buffon. Ce

miroir de M. de Buffon, brûle du bois, à 200 pieds; fond de l'étain, à 150 pieds; & du plomb, à 140 pieds. Une des perfections qu'on admire dans ce miroir, c'eſt que ſon foyer peut ſe porter à différentes diſtances; toutes les glaces dont il eſt compoſé étant mobiles, & pouvant ſe fixer à différents degrés d'inclinaiſon: de ſorte qu'avec les mêmes pieces, on peut, d'un inſtant à l'autre, faire un miroir plus ou moins concave, dont le foyer ira ſaiſir & brûler un objet à différentes diſtances. L'hiſtoire rapporte qu'Archimede & Proclus brûloient des flottes par le moyen de certains miroirs de réflexion. Si la vérité du fait eſt incertaine, il eſt du moins certain maintenant que le fait n'eſt pas impoſſible.

Un miroir de métal, ſphériquement concave & tout d'une piece, qui expoſé au ſoleil réfléchit & concentre en un même point les rayons de cet aſtre, brûle les corps inflammables, fond & calcine les corps les plus réfractaires, doit être conſidéré comme un aſſemblage de miroirs plans infiniment petits, tous inclinés les uns aux autres, tous dirigés vers un même centre de courbure; ce qui leur donne un foyer commun: c'eſt en petit le grand miroir de l'illuſtre de Buffon. Les géometres conſiderent la circonférence d'un cercle, comme un poligone d'une infinité de côtés: on peut conſidérer de même, l'aire d'une calotte ſphériquement concave, comme un aſſemblage d'une infinité de petits plans régulierement inclinés les uns aux autres. Tout l'art conſiſte à donner à la ſurface concave de ce miroir, un tel degré de courbure, un poli ſi parfait, que chaque pyramide lumineuſe, tombant ſur un point de cette ſur-

face, ſoit réfléchie par l'infiniment petit plan qu'elle atteint, vers un ſeul & même terme, où tous les rayons réfléchis ſe trouveront réunis & concentrés avec une activité proportionnelle à la fois & à leur denſité & à leur proximité.

Chaleur des vallées, froidure des montagnes.

978. APPLICATION. Puiſque les rayons du ſoleil, réfléchis par des miroirs plans, ne perdent pas le pouvoir qu'ils ont d'échauffer les corps; on doit s'attendre à voir conſidérablement augmenter la chaleur, dans tous les endroits expoſés à de pareilles réflexions. C'eſt, comme on voit, une conſéquence & un corollaire de la théorie que nous venons d'expliquer. Pour opérer cette augmentation notable de chaleur, il n'eſt pas beſoin de corps polis comme les miroirs : une muraille, une chaîne de rochers, généralement tout corps ſolide, oppoſés aux rayons du ſoleil, font plus ou moins parfaitement la fonction de miroirs réfléchiſſants, relativement à certains endroits plus expoſés à la direction générale des rayons réfléchis ; ces endroits ſe trouvent alors plus ou moins parfaitement dans le cas du thermometre de l'expérience précédente. Delà, une chaleur plus forte dans les vallées bordées de rochers, que dans une plaine unie ; dans une ville, où les murs & les toits ſe renvoient de mille manieres les rayons ſolaires, que dans une maiſon iſolée, ſituée en raſe campagne; & ainſi du reſte.

Il eſt très-vraiſemblable que les grands froids que l'on éprouve habituellement au ſommet des hautes montagnes, même pendant les plus grandes

chaleurs de l'été, viennent de ce que les rayons solaires n'y éprouvent pas assez de réflexions : soit par le défaut des corps environnants, qui ne se trouvent pas propres à se renvoyer les uns aux autres, les rayons dont ils sont frappés ; soit principalement par le défaut de l'athmosphere, qui se trouvant extrêmement raréfiée à une certaine hauteur, est peu propre à arrêter & à répercuter vers la terre, les rayons que la surface terrestre réfléchit dans son sein.

En général, les sommets des montagnes sont comme des miroirs convexes, qui loin de concentrer les rayons réfléchis, les écartent & les divisent davantage : les vallées sont comme des miroirs concaves qui concentrent les rayons réfléchis en une infinité de foyers. L'air, beaucoup plus dense dans le fond des vallées qu'au sommet des montages, répercute de toutes parts vers la terre, une foule immense de rayons, que les surfaces réfléchissantes répercutent & concentrent de nouveau en mille & mille foyers ; tandis que les rayons répercutés par la surface terrestre, au sommet des montagnes, se dissipent & se perdent sans retour, à travers un air peu dense & très-raréfié.

PARAGRAPHE TROISIEME.

CAUSE DE LA RÉFLEXION.

979. OBSERVATION. La réflexion de la lumiere ne differe en rien quant aux effets, de la réflexion des autres corps élastiques : de part & d'autre, l'angle de réflexion est toujours égal à l'angle d'incidence. Mais la cause de cette ré-

flexion eſt-elle la même, eſt-elle différente? Grand ſujet de diſpute parmi les philoſophes.

I°. Il eſt certain qu'une boule d'ivoire, qui tombe ſur un plan immobile & impénétrable, s'y réfléchit par ſon reſſort; & que ce reſſort eſt tendu & mis en jeu par le choc de la boule contre le plan, par la réſiſtance qu'oppoſe à la boule élaſtique *dans le contact*, le plan immobile & impénétrable.

II°. Il eſt certain encore qu'un globule de lumiere, dardé ſur un plan immobile & impénétrable, ſe réfléchit par ſon reſſort. Mais eſt-il également certain que ce reſſort de globule lumineux ſoit tendu & mis en jeu par le choc de ce globule contre le plan; par la réſiſtance qu'oppoſe à ce globule *dans le contact*, le plan immobile & impénétrable? C'eſt ſur quoi les phyſiciens ſont partagés en deux ſentiments diamétralement oppoſés.

Les uns ſoutiennent que la lumiere, réfléchie par un miroir de métal, ne rejaillit qu'après s'être comprimée dans ſon *contact immédiat* ſur la ſurface polie & inflexible de ce miroir.

Les autres prétendent, d'après Newton, que cette même lumiere eſt répercutée, avant qu'elle ait atteint & touché la ſurface du miroir, par un certain *pouvoir réfléchiſſant*, diſtingué & de la lumiere & du miroir; & par conſéquent, que le contact immédiat n'ayant jamais lieu entre la lumiere & le miroir, le *contact immédiat* ne peut influer en rien dans la réflexion de la lumiere.

PROPOSITION.

980. *Il eſt vraiſemblable que la réflexion de la lumiere a pour cauſe le contact des corps, & non un pouvoir indéfiniſſable qui la faſſe rejaillir avant le contact.*

DÉMONSTRATION. I°. La lumiere étant une matiere, & une matiere élaſtique (854), pourquoi ne ſeroit-elle pas réfléchie par le même méchaniſme qui réfléchit les autres corps élaſtiques? Pourquoi ſeroit-elle ſouſtraite à la loi commune & générale de la réflexion? Pourquoi ſeroit-elle excluſe du contact d'une ſurface polie, vers laquelle elle eſt dardée avec une inconcevable viteſſe? Quels paradoxes, quels myſteres, ne faut-il pas introduire dans la phyſique, pour admettre l'opinion que nous rejettons!

II°. Si la lumiere n'eſt point réfléchie par le miroir lui-même, pourquoi faut-il donner un poli ſi parfait aux miroirs de métal & de verre, pour les mettre en état de réfléchir dans un même ſens & ſous un même angle, tous les filets lumineux qui compoſent un grand rayon ſolaire dardé ſur leur ſurface? Pourquoi faut-il que la ſurface poſtérieure d'une glace, auſſi polie que la ſurface antérieure, ſoit enduite d'un amalgame de mercure & d'étain, capable d'arrêter & de faire rejaillir dans une même direction, les rayons qui enfilent les pores de la glace?

III°. Qu'eſt-ce que ce *pouvoir réfléchiſſant*, diſtingué de la lumiere & de la glace, étranger à l'impulſion & à l'attraction, auquel on voudroit attribuer, comme à ſa cauſe unique & immédiate, la réflexion de la lumiere? N'eſt-ce pas un

être

être évidemment fabuleux, frivolement érigé en cauſe phyſique, gratuitement imaginé pour parer à des difficultés auxquelles il ne pare pas? Car,

IV°. Les difficultés qu'on peut faire contre l'hypotheſe de la réflexion cauſée par le contact immédiat de la lumiere & de la ſurface réfléchiſſante, retombent en plein ſur l'hypotheſe paradoxale du pouvoir réfléchiſſant qu'on lui ſubſtitue; comme on le verra bientôt (981). Donc il faut s'en tenir, dans la réflexion de la lumiere, comme dans la réflexion des autres corps, à la cauſe commune & générale; quelque ſpécieuſes que puiſſent être les difficultés qu'on lui oppoſe. C. Q. F. D.

OBJECTIONS A RÉFUTER.

981. OBJECTION I. Il n'y a aucun corps dans la nature, dont nous puiſſions parfaitement unir & applanir la ſurface; & la ſuperficie la plus égale, la plus unie, telle que celle des miroirs de verre & de métal, n'eſt par rapport aux globules comme infiniment petits de la lumiere, qu'un informe amas de montagnes & de cavités, que le microſcope rend ſenſibles & viſibles. Donc ſi la lumiere étoit réfléchie immédiatement par les corps eux-mêmes, tous les rayons qui tomberoient ſur ces inégalités, ſe réfléchiroient inégalement & irrégulierement ſur les miroirs de verre & de métal les plus parfaits. Donc, puiſque la lumiere ſe réfléchit également & régulierement ſur un miroir plan de verre ou de métal, en faiſant ſur le plan du miroir un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence; il faut que

la lumiere ſoit réfléchie avant d'avoir atteint & heurté les inégalités du miroir ; & que le *pouvoir réfléchiſſant* des corps, ſoit quelque choſe de diſtingué & de la lumiere qui ne ſe réfléchit point elle-même ſans cauſe, & du miroir qui ne ſauroit réfléchir la lumiere comme elle ſe trouve réfléchie.

RÉPONSE. Ne pas reconnoître la force de cette objection, ce ſeroit évidemment manquer ou de lumiere ou de droiture : puiſque c'eſt ſur ce fondement que les Newton, les Boſcovits, & tant d'autres grands hommes, ont établi l'hypotheſe du *pouvoir réfléchiſſant*, que nous oſons ne point adopter. Mais quelque forte que ſoit cette objection, elle n'eſt pas abſolument inſoluble ; & l'hypotheſe imaginée pour la réſoudre, reſte elle-même expoſée à toute la force de l'objection.

I°. *Cette objection n'eſt point abſolument inſoluble.* Car quelque grandes que ſoient, relativement aux globules de lumiere, les inégalités & les aſpérités que fait découvrir un excellent microſcope dans les miroirs les plus polis ; ne peut-on pas ſuppoſer avec aſſez de vraiſemblance, que ces inégalités, fort petites en elles-mêmes, ſont applanies en grande partie par des fluides ſubtils, de même nature que la lumiere, ou aſſez ſemblables à la lumiere ; leſquels ſe trouvant logés & comme enchâſſés dans les pores ou dans les cavités de ces miroirs, rempliſſent les inégalités de leur ſurface, & produiſent une réflexion généralement uniforme dans les rayons qui tombent ſur les parties plus élevées & ſur les parties plus enfoncées de cette ſurface, qu'on a déja unie & polie autant qu'il eſt poſſible ? L'amalgame

d'étain & de mercure, appliqué à une glace, ſert à empêcher les fluides qui ſe trouvent enchâſſés dans ſes pores & qu'une contiguïté ou proximité convenable met en état de déployer leur force attractive pour la matiere qui les enchâſſe, de s'échapper par derriere, & de céder à la percuſſion des rayons incidents qui les heurtent ſans ceſſe : ce qui n'a point lieu quand une ſurface mal unie & fort rabotteuſe a des cavités trop grandes & trop écartées, pour que les fluides qu'elle contient, s'uniſſent fortement avec la matiere qui les enſerre, & faſſent comme un même tout avec elle.

II°. *L'hypotheſe du pouvoir répulſif reſte expoſée à la même objection qu'elle eſt deſtinée à réſoudre.* Car les partiſans des répulſions s'accordent tous à reconnoître que la vertu répulſive d'un corps, n'agit point à toute diſtance : qu'il faut entre le corps repouſſant & le corps repouſſé, une certaine proximité, au-delà de laquelle ceſſe ſon action. Suppoſons que ce point néceſſaire de proximité, ſoit à un centieme ou à un millieme ou à un millionieme de ligne, du point réfléchiſſant. N'eſt-il pas évident qu'une glace, hériſſée d'inégalités, préſentera à la lumiere une infinité de points ou de petits plans différemment inclinés ? Neſt-il pas évident que chaque point ou chaque infiniment petit plan du miroir devra réfléchir différemment la lumiere, ſelon la diverſité & l'irrégularité de ſa poſition ; puiſque ſa force répulſive eſt par-tout à un millionieme de ligne, par exemple, au-delà de la matiere de la glace ; & que cette glace eſt hériſſée dans toute ſa ſurface d'éminences & de cavités ? Donc dans l'hypotheſe d'un pouvoir réfléchiſſant, diſtingué

de la lumiere & du miroir, la lumiere devroit être réfléchie avec la même irrégularité, que ſi on la ſuppoſe réfléchie par le miroir lui-même : donc cette hypotheſe laiſſe ſubſiſter toute entiere, la difficulté qu'elle étoit deſtinée à réſoudre.

982. OBJECTION II. Le verre a certainement beaucoup plus de pores que de matiere, beaucoup plus de vuide que de plein; & cependant chaque point de ſa ſurface renvoie des rayons : donc ces rayons ne ſont point renvoyés par le verre; donc ils ſont renvoyés par un pouvoir diſtingué du verre.

RÉPONSE. Qu'importe que le verre ait quatre fois ou dix fois ou cent fois plus de vuide que de plein, plus de pores que de matiere; pourvu que ſes pores, infiniment multipliés & infiniment petits, contiennent des fluides capables d'oppoſer à la lumiere une réſiſtance qui la faſſe rejaillir; ainſi que nous venons de l'expliquer dans la réponſe à l'objection précédente?

I°. Dans les pores infiniment multipliés & en tout ſens ſenſiblement alignés d'une glace, ſuppoſons une matiere ſemblable à la lumiere, ou plutôt une vraie matiere lumineuſe, enchâſſée dans ces interſtices, & retenue dans ces interſtices par ſon affinité avec le verre. Quand la lumiere du ſoleil, par exemple, tombera ſur cette glace, elle ſera réfléchie & par les parties ſolides de la glace, & par la lumiere interceptée dans les infiniment petits pores de la glace. Delà la réflexion de la lumiere, ſur la ſurface antérieure de cette glace.

II°. Les ballons lumineux, logés dans les pores de la glace, entre ſes deux ſurfaces, viennent-ils à être frappés par les rayons incidents du

ſoleil ? Ils réſiſtent à ces rayons incidents, & en réfléchiſſent une partie. Ils cedent auſſi en partie au choc des rayons incidents, & ils tendent à s'enfuir dans la ligne de percuſſion. Mais arrêtés par l'amalgame de mercure & de d'étain, ils rejailliſſent par leur reſſort hors de la glace, ſous un angle égal à l'angle des rayons incidents qui leur impriment le mouvement. Delà la réflexion de la lumiere ſur la ſurface poſtérieure de la glace.

983. OBJECTION III. Nous admettons entre certains corps, des vertus attractives : pourquoi ne pas admettre également entre certains corps, par exemple entre le verre & la lumiere, des vertus répulſives ? C'eſt préciſément l'hypotheſe d'un pouvoir réfléchiſſant dans les matieres dont on fait les miroirs.

RÉPONSE. Pour admettre dans la phyſique un principe nouveau & inconnu, il ne faut rien moins que des preuves démonſtratives, qui en établiſſent invinciblement l'inviſible exiſtence. Or des preuves démonſtratives, des expériences déciſives de toute eſpece, nous conſtatent l'exiſtence des affinités ou des attractions ſpéciales entre certains corps (93); & aucune preuve démonſtrative, aucune expérience convaincante, n'établit l'exiſtence des vertus répulſives dans les corps, indépendantes des loix de l'impulſion & de l'attraction (137) : donc nous ſommes bien fondés à adopter les premieres, & à rejetter les dernieres.

984. REMARQUE. Nous ne prétendons pas que l'explication que nous venons de donner de la cauſe de la réflexion, réſolve abſolument toutes les difficultés, & coupe racine à

tous les doutes que l'eſprit peut ſe former ſur ce myſtere de la phyſique. Nous avons démontré que l'hypotheſe que nous adoptons, eſt la plus vraiſemblable, ſans démontrer qu'elle ſoit abſolument certaine. Nous avons voulu ſimplement mettre le lecteur à portée de connoître & d'apprécier ce qu'on a dit & penſé ſur la cauſe immédiate de la réflexion de la lumiere.

Mais il eſt à propos d'obſerver, que les loix de la réflexion que nous avons expliquées & démontrées, ſont indépendantes de tout ſyſtême ſur la cauſe de la réflexion. Quelle que ſoit la cauſe prochaine & immédiate qui fait rejaillir la lumiere à la rencontre de certains corps, avant ou après le contact ; il eſt démontré & par l'expérience & par la raiſon, que la lumiere s'y réfléchit ſelon les loix que nous avons tracées : c'eſt tout ce qu'il importe de bien ſavoir relativement à la catoptrique. La connoiſſance abſtraite de la cauſe, connue ou inconnue, qui produit cette réflexion dans la lumiere, eſt donc plus du reſſort de la métaphyſique que de la phyſique : cette connoiſſance abſtraite eſt l'unique objet qui diviſe & qui ſans doute diviſera éternellement les phyſiciens.

ARTICLE TROISIEME.

LA DIOPTRIQUE.

985. DÉFINITION. LA *Dioptrique* eſt la ſcience du rayon réfracté : elle a pour objet la lumiere, en tant que briſée & coudée dans ſa direction, quand elle paſſe obliquement d'un milieu dans

un autre milieu plus ou moins facilement pénétrable pour elle. Nous avons déja jetté les fondements de cette ſcience, en traitant du mouvement réfracté en général. (408.)

Les loix de la catoptrique, que nous allons tracer & expliquer en détail, ſont toutes fondées ſur l'expérience : elles ont pour objet les différentes inflexions que ſouffre la lumiere, en paſſant d'un milieu dans un autre. Pour connoître la grandeur ou la quantité de ces inflexions, il ſuffit de les meſurer avec ſoin, par le moyen d'un graphometre ou d'un rapporteur mathématique. Chacun peut donc facilement s'inſtruire par lui-même des obſervations qu'on a faites en ce genre, & que nous allons rapporter comme autant de verités conſtatées par des expériences ſûres.

Parmi une foule de milieux où s'incline & ſe coude diverſement la lumiere, nous ne ferons attention qu'à l'air, à l'eau, & au verre : parce que ces trois milieux ont un rapport plus général & plus commun, ſoit avec les inſtruments de dioptrique, ſoit avec la théorie de l'univers dépendante de la dioptrique.

Angles de réfraction.

986. DÉFINITIONS. Pour éviter toute équivoque, pour fixer & pour ſimplifier toutes les idées, dans une matiere où il eſt eſſentiel de ne rien confondre (*fig.* 59) :

I°. Nous nommerons *angle d'incidence*, l'angle ACB, intercepté entre le rayon incident AC, & le plan réfractant RSTV, que nous ſuppoſerons être un cube de verre ou d'eau.

II°. Nous nommerons *angle de réfraction*, l'angle MCD, intercepté entre le rayon réfracté CD, & la ſurface plane CV du milieu réfractant.

III°. Nous nommerons *angle de différence*, l'angle DCF, intercepté entre la direction du rayon incident, & la direction du rayon réfracté.

IV°. Nous nommerons *ſinus de l'angle d'incidence*, la perpendiculaire AB, menée de l'extrêmité de l'arc de l'angle d'incidence ſur le plan réfractant; & *ſinus de l'angle de réfraction*, la perpendiculaire DM, menée de l'extrêmité de l'arc de l'angle de réfraction ſur le plan réfractant. (*Math.* 634.)

Quelques phyſiciens prennent pour ſinus de l'angle d'incidence, la ligne AH; & pour ſinus de l'angle de réfraction, la ligne DE: la choſe eſt indifférente; & les réſultats en ſont les mêmes, quoiqu'exprimés différemment. (990.)

PARAGRAPHE PREMIER.

LOIX DE LA DIOPTRIQUE.

987. LOI I. *Si un rayon de lumiere eſt dardé perpendiculairement d'un milieu quelconque, dans un autre milieu plus ou moins facilement pénétrable; ce rayon ne ſouffre aucune réfraction.* (fig. 59.)

EXPLICATION. Soit un rayon KHC, dardé perpendiculairement ou ſur un globe de verre AND, ou ſur un cube de verre RVTS: ce rayon, en paſſant de l'air dans le verre, ne ſouffre aucune inflexion & ne quitte point la ligne droite KHCE.

La raiſon en eſt, que le nouveau milieu, ſoit qu'il réſiſte plus, ſoit qu'il réſiſte moins, n'a rien qui puiſſe détourner ce rayon de ſa route primitive (405). Ainſi un rayon, qui eſt dardé ou répercuté perpendiculairement de l'air dans l'eau, de l'eau dans l'air, de l'air ſur un verre, d'un verre ſur l'eau ou dans l'air, continue à ſe mouvoir dans la même ligne droite, en paſſant d'un milieu dans l'autre.

988. LOI II. *Si un rayon de lumiere eſt dardé ou répercuté obliquement de l'air dans l'eau ou dans le verre; il ſe réfracte, en s'approchant de la perpendiculaire menée dans le nouveau milieu: de telle ſorte cependant que l'inflexion du rayon eſt plus grande dans le verre, que dans l'eau.* (fig. 59.)

EXPLICATION. Soit AC, le rayon incident, dans l'air; RSTV, un cube de verre ou d'eau, ſur lequel tombe obliquement le rayon; CE, la perpendiculaire même du point d'incidence, dans le nouveau milieu (402). Le rayon incident, au lieu de ſe mouvoir dans la ligne droite ACF, ſe mouvra dans la ligne ACD, coudée en C; & s'approchera de la perpendiculaire CE: mais l'inflexion en C ſera plus grande, ſi le milieu réfractant eſt de verre, que ſi ce milieu eſt d'eau.

I°. Le verre & l'eau (quelle qu'en ſoit la cauſe) ſont pour la lumiere, des milieux plus facilement pénétrables que l'air: donc le rayon incident AC, livré aux deux forces motrices AB, AH, doit en C perdre moins de ſa force perpendiculaire qui éprouve moins de réſiſtance de la part de l'eau, qu'il ne perd de ſa force parallele qui eſſuie plus de réſiſtance de la part

de l'air. Donc ce rayon, en atteignant l'eau en C, doit céder plus amplement à la force perpendiculaire CE, qui eſt moins détruite par la réſiſtance de l'eau ; doit céder moins amplement à la force parallele CM, qui eſt détruite en plus grande proportion par la réſiſtance de l'air : donc ce rayon, en pénétrant dans l'eau, doit s'approcher de la ligne CE, en vertu des deux forces qui lui reſtent, & dont l'une a été plus affoiblie que l'autre dans le changement de milieu. (406.)

II°. Le verre (quelle qu'en ſoit encore la cauſe) eſt pour la lumiere, un milieu plus facilement pénétrable que l'eau : donc le rayon incident AC, doit moins perdre de ſon mouvement perpendiculaire dans le verre, qu'il n'en perd dans l'eau. Donc ce rayon incident, devenu rayon réfracté, doit s'approcher plus de la perpendiculaire CE dans le verre, qu'il ne s'en approche dans l'eau : puiſque la force parallele CM eſt détruite en plus grande proportion dans l'eau, que dans le verre.

989. LOI III. *Si un rayon de lumiere paſſe obliquement de l'eau ou du verre dans l'air ; il ſe réfracte en s'éloignant de la perpendiculaire menée dans le nouveau milieu : de telle ſorte cependant qu'il s'écarte davantage de cette perpendiculaire, en ſortant du verre, qu'en ſortant de l'eau, ſous la même obliquité.* (fig. 59.)

EXPLICATION. Soit le rayon DC, qui ſort obliquement d'un cube d'eau ou de verre, pour paſſer dans l'air. Ce rayon DC, en atteignant l'air en C, infléchira ſa direction CA, & s'éloignera de la perpendiculaire CHK, menée dans l'air. Mais l'inflexion DCA ſera plus grande, ſi

le rayon DC passe du verre dans l'air, que s'il passe de l'eau dans l'air.

Cette proposition, constatée par l'expérience, est l'inverse de la proposition précédente : elle est fondée sur les mêmes principes, appliqués aux mêmes objets, qu'il faut envisager simplement dans un ordre renversé. Que le rayon réfracté CD rencontre en D un miroir plan perpendiculaire à sa direction CD : ce rayon, réfléchi en D, suivra en rétrogradant la même ligne DCA, qu'il avoit suivie avant de rencontrer le miroir. Car d'abord le rayon CD, réfléchi par un miroir plan perpendiculaire à sa direction, doit rejaillir sur lui-même, dans un même milieu où rien ne change sa direction DC. Ensuite, quand ce rayon en C passe obliquement de l'eau qui est pour lui un milieu moins résistant, dans l'air qui est pour lui un milieu plus résistant ; il doit s'écarter de la perpendiculaire CH, autant qu'en venant il s'étoit approché de la perpendiculaire CE : puisqu'autant que la force parallele CM avoit été plus affoiblie que la force perpendiculaire CE, dans le mouvement ACD ; autant la force parallele CB est moins affoiblie que la force perpendiculaire CH, dans le mouvement opposé DCA.

990. LOI IV. *Plus l'angle d'incidence est petit, plus le rayon essuie de réfraction ; & réciproquement, plus l'angle d'incidence est grand, moins le rayon est réfracté : en telle sorte cependant que le sinus de l'angle d'incidence & le sinus de l'angle de réfraction conservent toujours un rapport fixe & constant.* (fig. 59.)

EXPLICATION. Il conste par l'expérience, que si on fait tomber successivement le rayon AC,

de tous les points de l'arc ou du quart de cercle RAK ; l'angle de différence DCF eſt d'autant plus grand, que l'angle d'incidence ACB eſt plus petit ; & que cet angle DCF, à peine ſenſible quand le rayon incident approche de l'angle droit, ceſſe totalement quand le rayon tombe ſur le plan réfractant RV par la perpendiculaire HC (987). Quant au rapport des ſinus AB & DM, il conſte également par les obſervations des Deſcartes, des Newton, des Muſchembroek, des Wolfe, des Nollet :

I°. Que ſi le rayon AC tombe obliquement *de l'air dans l'eau*, ſous un angle plus ou moins grand; le ſinus AB de l'angle d'incidence ACB, eſt toujours au ſinus DM de l'angle de réfraction, à peu près comme 3 eſt à 4.

La plupart des auteurs qui ont écrit ſur la dioptrique, diſent que le ſinus AH de l'angle d'incidence ACH eſt au ſinus DE de l'angle de réfraction DCE, comme 4 eſt à 3 : ce qui revient à la même choſe pour le fond. (986.)

II°. Que ſi le rayon AC tombe obliquement *de l'air dans le verre*, ſous un angle plus ou moins grand, le ſinus AB de l'angle d'incidence, eſt au ſinus DM de l'angle de réfraction, à peu près comme 2 eſt à 3.

Si on prenoit pour angle d'incidence, l'angle ACH ; l'angle de réfraction ſeroit DCE. Dans ce cas, le ſinus AH du premier, ſeroit au ſinus DE du ſecond, à peu près comme 3 eſt à 2.

OBSERVATIONS ET ASSERTIONS.

991. ASSERTION I. *Quand un rayon passe obliquement d'un milieu dans un autre milieu plus ou moins résistant; le rayon incident & le rayon réfracté sont dans un même plan perpendiculaire au milieu réfractant.* (fig. 62.)

EXPLICATION. Soit un plan indéfini PPP, posé perpendiculairement sur le milieu & dans le milieu réfractant BM, dans la direction AB du rayon incident. Il conste par l'expérience, que le rayon incident AB & le rayon réfracté BC, malgré l'inflexion en B, restent toujours dans le plan PPP perpendiculaire au milieu réfractant : soit que ce milieu réfractant ait une surface plane RBV; soit qu'il ait une surface convexe SBT; soit qu'il ait une surface concave NBM.

La raison en est, que le rayon incident, mu d'abord dans la direction du plan perpendiculaire au milieu qui doit le réfracter, n'a aucune cause qui puisse l'écarter de sa direction primitive, si ce n'est sa réfraction. Or la réfraction, qui peut l'élever ou l'abaisser dans le plan de sa direction primitive, n'a rien qui puisse l'écarter à droite ou à gauche hors du plan de cette direction primitive.

Les deux forces conspirantes AH & AR, qui meuvent le rayon incident AB dans l'air, par exemple; les deux forces conspirantes BV & BM, qui meuvent ensuite le rayon réfracté BC dans l'eau ou dans le verre, peuvent s'affoiblir inégalement, en passant d'un milieu dans un autre. Mais le nouveau milieu qui résiste plus ou moins

à l'une de ces deux forces, ſe borne à en détruire une partie plus ou moins grande, ſans donner au rayon réfracté une force étrangere qui puiſſe le porter hors du plan de ſa direction primitive.

Un plan perpendiculaire à un milieu réfractant, convexe ou concave, eſt un plan qui paſſe par le centre de courbure de ce milieu, en *m* pour le milieu concave, en M pour le milieu convexe.

992. ASSERTION II. *Quand un rayon tombe obliquement ſur un milieu pénétrable, dont les ſurfaces oppoſées ſont planes & paralleles ; le rayon incident & le rayon émergent ſont paralleles.* (fig. 61.)

EXPLICATION. Soit M N un ſolide de cryſtal, dont les ſurfaces oppoſées BS & PP ſoient paralleles dans l'air. Il conſte par l'expérience, que le rayon incident ABF & le rayon émergent CD, ſont paralleles.

La raiſon en eſt, qu'autant que le rayon incident AB s'approche de la perpendiculaire BP, à cauſe du moins de réſiſtance du verre (988); autant le rayon émergent CD s'éloigne de la perpendiculaire C*p*, à cauſe du plus de réſiſtance de l'air (989). Il réſulte delà :

1°. Qu'un verre plan, dont les ſurfaces oppoſées ſont paralleles, ne change point l'ordre & l'arrangement reſpectifs des rayons émergents; quoique ces rayons ſouffrent au point d'incidence & au point d'émergence, une réfraction qui les éleve ou les abaiſſe hors de leur direction primitive.

II°. Que deux rayons paralleles AB & RS,

qui tombent obliquement ſur le plan à ſurfaces paralleles MN, reſtent paralleles entre eux dans leur réfraction & dans leur émergence.

993. ASSERTION III. *Quand un rayon tombe obliquement ſur un plan pénétrable, dont les deux ſurfaces oppoſées ſont inclinées l'une à l'autre; le rayon incident & le rayon émergent ne ſont plus paralleles.* (fig. 65.)

EXPLICATION. Soit PBMC un priſme de cryſtal, ſemblable à un coin méchanique, ſur lequel tombe obliquement le rayon ABF. D'abord ce rayon AB, dans ſa réfraction BC, s'approchera de la perpendiculaire BP; à cauſe du moins de réſiſtance du verre (988). Enſuite le rayon réfracté BC, dans ſa nouvelle réfraction CD, s'éloignera de la perpendiculaire C*p*, à cauſe du plus de réſiſtance de l'air (989). Le rayon incident AB & le rayon émergent CD, ne pourront donc point être paralleles.

I°. Si le rayon ſolaire AB étoit parfaitement homogene, tout compoſé de molécules également réfrangibles; tous les filets lumineux de ce rayon éprouveroient une égale réfraction BC, en B; une autre égale réfraction CD, en C.

II°. Mais comme les filets lumineux, qui compoſent un rayon ſolaire, ont une inégale réfrangibilité, les molécules plus réfrangibles ſe réfractent plus; les molécules moins réfrangibles ſe réfractent moins: delà la ſéparation des filets lumineux, & la décompoſition de la lumiere, telle que nous l'avons annoncée ailleurs d'après l'expérience (866); & telle que la repréſente la figure 15.

994. ASSERTION IV. *Quand deux rayons paralleles tombent obliquement ſur deux ſurfaces pénétrables, convergentes l'une vers l'autre; les deux rayons deviennent divergents dans leur réfraction.* (fig. 65.)

EXPLICATION. Soient deux priſmes de cryſtal factice BMCP & SMTP, dont les deux ſurfaces BM & SM, ſur leſquelles tombent les rayons paralleles AB & RS, ſoient convergentes. Les rayons AB & RS, paralleles dans leur incidence, deviendront divergents dans leur premiere réfraction BC & ST: ils deviendront encore plus divergents dans leur ſeconde réfraction CD & TV, ſi la ſurface CMT eſt divergente; comme nous venons de l'expliquer. (993.)

Les ſurfaces convergentes SM & BM font la fonction de *verres concaves*: elles écartent les rayons AB & RS, qui tombent ſur la partie concave BMS.

995. ASSERTION V. *Quand deux rayons paralleles tombent obliquement ſur deux ſurfaces pénétrables, divergentes l'une à l'égard de l'autre; les deux rayons paralleles deviennent convergents dans leur réfraction.* (fig. 63.)

EXPLICATION. En ſuppoſant toujours que les rayons tombent de l'air dans l'eau ou dans le verre; ſoit MBXS un ſolide de verre, dont les ſurfaces planes MS & MB, ſur leſquelles tombent les rayons paralleles AB & RS, ſoient divergentes. Le rayon AB s'inclinera vers la perpendiculaire BP; le rayon RS ſe coudera auſſi vers

vers la perpendiculaire SP, en pénétrant dans le verre (988). Ces deux rayons iront donc en s'approchant l'un de l'autre, dans leur réfraction BC & ST.

En paſſant du verre dans l'air, le rayon BCF s'éloignera de la perpendiculaire C*p*; le rayon S T s'éloignera auſſi de la perpendiculaire T*p* (989): ces deux rayons, dans leur nouvelle réfraction dans l'air, deviendront donc encore plus convergents.

Les ſurfaces divergentes MB & MS font la fonction de *verres convexes*, qui rapprochent les rayons en les réfractant. Plus les angles ABM & RSM ſont aigus, plus la réfraction eſt grande (990). D'où il réſulte que plus les verres convexes ont de convexité, plus ils réfractent fortement les rayons AB & RS.

CAUSE DE LA RÉFRACTION.

996. OBSERVATION. On voit, par tout ce que nous venons de dire, que la réfraction de la lumiere & la réfraction des autres corps, ſe font en des ſens diamétralement oppoſés (*fig.* 59): puiſque le rayon AC, dardé de l'air dans l'eau dans la direction ACF, s'approche de la perpendiculaire C E; au lieu qu'une balle de fuſil, tirée dans la même direction ACF, s'éloigneroit de la perpendiculaire CE, & prendroit ſa direction dans une ligne CG placée entre CF & CV; comme nous l'avons expliqué ailleurs (406). D'où il réſulte, non que la théorie du mouvement eſt variable; mais que certains milieux, tels que l'air, plus facilement pénétrables que le verre & l'eau pour le commun des corps, ſont plus difficilement

pénétrables que l'eau & le verre pour la lumiere; quelle qu'en ſoit la cauſe.

C'eſt en vain que les plus grands phyſiciens ont cherché la cauſe de ce phénomene; ſavoir, *pourquoi la lumiere paſſe plus facilement au travers de l'eau, du verre, du cryſtal naturel, du diamant, & de certains autres corps ſolides & liquides, qu'au travers de l'air.* Toutes les explications qu'on a voulu en donner, n'ont ſervi qu'à démontrer qu'il n'étoit point donné à l'eſprit humain de percer ce myſtere de la nature. Que n'a-t-on pas imaginé & dit ſur ce ſujet!

I°. On a dit, d'après Deſcartes, que l'eau, le verre, le diamant, préſentent à la lumiere, des pores plus grands, plus ouverts, plus facilement pénétrables, que l'air. Mais n'eſt-ce pas là ſuppoſer, par une abſurde pétition de principe, l'explication qu'on cherche à donner? Ne reſte-t-il pas toujours à demander, dans cette hypotheſe, comment & pourquoi ces corps, incomparablement plus denſes que l'air, préſentent à la lumiere des pores ou des paſſages plus ouverts, plus multipliés, plus faciles, que l'air?

II°. On a dit, d'après Newton, que la lumiere s'incline vers la perpendiculaire CE, en paſſant de l'air dans l'eau ou dans le verre: parce qu'elle eſt plus attirée par l'eau, ou par le verre, que par l'air. Mais pourquoi le rayon ACF eſt-il plus attiré vers la ligne CE que vers la ligne CF ou vers la ligne CB ou CV? Pourquoi s'approche-t-il de cette perpendiculaire CE; puiſqu'au point d'incidence & de contact C, il eſt autant attiré par la partie VCF qui tend à l'en éloigner, que par la partie FCE qui tend à l'en approcher?

III°. On a dit, d'après divers phyſiciens, que le verre, le diamant, le cryſtal, l'eau, préſentent aux infiniment petites molécules de la lumiere, des pores mieux alignés que ne le ſont les pores de l'air. Mais pourquoi, en ſuppoſant la vérité du fait qu'on avance & qu'il ſeroit impoſſible de prouver, pourquoi ces pores du verre ou de l'eau, également alignés, également acceſſibles en tout ſens & ſelon toute direction, inclinent-ils la lumiere en un ſens, plutôt qu'en un autre? Pourquoi ne laiſſent-ils pas au rayon ACF, ſa direction primitive CF? Pourquoi l'infléchiſſent-ils dans la direction CD, plutôt que dans la direction CG?

IV°. On a dit... Mais ce que nous venons de rapporter, eſt ce qu'on a imaginé de plus ſenſé & de plus ſatisfaiſant en ce genre. D'où il réſulte que dans la théorie de la lumiere, le *pouvoir réfractant* eſt encore moins connu que le *pouvoir réfléchiſſant*, dont nous avons déja parlé (980). Bornons-nous donc à connoître les phénomenes & à développer les conſéquences de la réfraction, ſans nous tourmenter inutilement à en chercher la cauſe.

Des loix que nous avons tracées, & des obſervations que nous avons faites ſur la réfraction de la lumiere, découle l'explication d'une foule de phénomenes dont nous allons obſerver & développer les plus intéreſſants, dans l'eau, dans les verres convexes, dans les verres concaves, dans les différents inſtruments de dioptrique, dans l'organe de la vue, dans l'athmoſphere terreſtre.

PARAGRAPHE SECOND.

RÉFRACTION DANS L'EAU.

997. COROLLAIRE I. *Un objet qu'on regarde obliquement dans l'eau, eſt vu hors de ſon vrai lieu, & plus près de la ſurface de l'eau.* (fig. 67.)

EXPLICATION. Soit une piece d'or ou d'argent N, placée au fond d'un baſſin vuide RNT. L'œil placé en *vx*, ne pourra la voir; parce que les rayons que cette piece réfléchit vers l'œil, ſont interœptés par les bords du vaſe en R. Mais que l'on empliſſe d'eau le vaſe : l'œil *vx* verra la piece d'or ou d'argent en *n*, hors de ſon vrai lieu N, & plus près de la ſurfacee RBT. En voici la raiſon.

I°. Quand le vaſe eſt plein d'eau, les rayons NSX ſe réfractent au ſortir de l'eau, en s'éloignant de la perpendiculaire SP (989), & ſe portent dans l'œil *vx* : l'œil verra donc la piece d'argent, par le moyen des rayons *v*RS*x*, au point *n* ou coïncident ces rayons. (812.)

II°. Comme le cône lumineux NSX eſt compoſé de rayons divergents; parmi ces rayons divergents NR, NS, les uns ſont plus inclinés que les autres à la ſurface plane RBT de l'eau & de l'air. Les plus inclinés NR doivent donc ſouffrir une plus grande réfraction, & s'écarter davantage de leur perpendiculaire SP (990) : d'où il arrivera que le cône lumineux NX, inégalement réfracté en S, ſera plus infléchi dans ſa partie NR, que dans ſa partie NS. Le cône tronqué *v*RS*x*, plus ouvert que le cône tronqué

XS, aura ſon point de concours ou ſon ſommet en *n*, plus près de l'œil & plus près de la ſurface de l'eau : l'œil verra donc la piece d'argent, non en ſon vrai lieu N, mais en un lieu où elle n'eſt pas, en *n*, plus près de la ſurface de l'eau. (912.)

On voit par là pourquoi on ſe trompe communément en eſtimant à la ſimple vue la profondeur d'un baſſin plein d'eau, dont on voit le fond par des rayons réfractés au ſortir de l'eau. Ce fond du baſſin paroît toujours plus près de la ſurface de l'eau, qu'il ne l'eſt réellement : parce que, quelque poſition que puiſſe avoir l'œil *vx*, chaque point N du fond du baſſin, eſt toujours vu par un cône lumineux *v*RS*x*, dont les rayons divergents ſouffrent, en ſortant de l'eau, une inégale réfraction qui augmente leur divergence primitive, & qui les fait coïncider en un point *n* moins éloigné & de l'œil & de la ſurface de l'eau (990) : or ce point *n*, où coïncident les rayons R*v*, S*x*, qui arrivent dans l'œil, eſt l'endroit où eſt vu l'objet N. (912.)

998. COROLLAIRE II. *Un objet vu dans l'eau, paroît & plus grand & plus près de la ſurface, qu'il n'eſt en réalité.* (fig. 68.)

EXPLICATION. Dans un baſſin plein d'eau FHKG, ſoit un objet DB placé au fond de l'eau. Si l'eau diſparoiſſoit, l'objet DB ſeroit vu par l'œil A, ſous l'angle optique *r*A*s* ou DAB : au lieu que dans l'eau, il eſt vu ſous l'angle optique plus grand *d*A*b*. La raiſon de cette différence eſt facile à ſaiſir, d'après les principes que nous avons établis & expliqués ſur la viſion des objets & ſur la réfraction de la lumiere.

Le point D de l'objet eſt vu par le moyen du cône lumineux *v m* D *r x*, dont les rayons divergents *m* D *r* ſe réfractent en paſſant de l'eau dans l'air, & s'écartent inégalement de la perpendiculaire *m* P, ſelon qu'ils ont plus ou moins d'obliquité (990) : ce qui augmente leur divergence, & les feroit coïncider en *d*, s'ils revenoient ſur eux-mêmes ſans réfraction. Le point B du même objet eſt vu par le moyen du cône lumineux *x n* B *s v*, dont les rayons ſouffrent une ſemblable réfraction en *n s*, & s'éloignent les uns plus & les autres moins de la perpendiculaire *n* P : ce qui augmente leur divergence, en telle ſorte qu'ils paroîtront coïncider en *b*. L'objet DB eſt donc vu en *d b*, où coïncident les deux cônes lumineux, qui, partis de ſes extrêmités, vont affecter l'œil. (912.)

On peut dire de tous les autres points de l'objet DB, ce que nous avons dit des deux points D & B. Chacun de ces points réfléchit des cônes de lumiere qui ne vont affecter l'œil A, qu'après s'être inégalement réfractés & écartés, en paſſant de l'eau dans l'air. L'objet DB ſera donc vu & plus grand & plus près de l'œil, qu'il n'eſt en réalité : plus grand, parce qu'il eſt apperçu ſous un plus grand angle optique *d* A *b* (917), plus près de l'œil : parce que les cônes lumineux, par leſquels il affecte l'œil, inégalement réfractés & écartés en paſſant de l'eau dans l'air, coïncident plus près de l'œil.

999. COROLLAIRE III. *Un objet droit, plongé en partie dans l'eau, doit paroître infléchi & coudé.* (fig. 67.)

EXPLICATION. Soit un bâton droit ABCD

dont une partie AB eſt dans l'air, & l'autre partie BD eſt dans l'eau : l'œil *m o* verra ce bâton infléchi & coudé en B, dans la direction A B *c d*.

I°. La partie AB du bâton, placée hors de l'eau, eſt vue par le moyen des rayons réfléchis *m* A *o*, *m* B *o*; qui ne ſouffrent aucune réfraction : elle doit donc être tracée dans l'œil ſans aucun changement.

II°. La partie B D du bâton, plongée dans l'eau, eſt vue par le moyen des rayons réfléchis *m* C *o*, *m* D *o*, qui ſouffrent une réfraction en paſſant de l'eau dans l'air : chaque point de cette partie plongée dans l'eau, doit donc être vu plus près de la ſurface de l'eau, qu'elle ne l'eſt réellement (997). Delà l'inflexion du bâton en B, lequel ſera vu dans l'eau dans la direction B *c d*.

VERRES CONVEXES ET CONCAVES.

1000. DESCRIPTION I. Les *verres convexes* ſont communément des portions de ſpheres plus ou moins grandes. Par exemple, ſoit une ſphere ſolide de verre (*fig.* 64) :

I°. Si dans cette ſphere, on prend le ſegment *a b d*, ou l'autre ſegment *m n o*; on aura un *verre convexe d'un côté* & plan de l'autre.

II°. Si dans la même ſphere, on réunit en un même tout le ſegment *a b d* avec le ſegment égal *m n o*, par la ſouſtraction ou par l'anéantiſſement de la portion *a b m n*; on aura un *verre convexe des deux côtés*. Tel eſt le double ſegment A *d* B *h*. (*fig.* 66.)

On nomme communément *loupes*, les verres à

double convexité, qui ſont portions de ſpheres aſſez grandes ; & *lentilles*, ceux qui ſont portions de ſpheres très-petites.

1001. DÉFINITIONS. Dans les verres convexes, on remarque un pole, un centre de courbure, un axe, un foyer. (*fig.* 64.)

I°. On nomme *pole*, un point *d* ou *o*, également éloigné de tous les points qui terminent la courbure.

II°. On nomme *centre de courbure*, un point C, qui eſt le centre même de la ſphere dont le verre convexe eſt un ſegment.

Dans une loupe ou lentille A *d* B *h* (*fig.* 66), il y a un double centre de courbure ; ſavoir, le point M, pour la convexité A *h* B ; & le point N, pour la convexité A *d* B.

III°. On nomme *axe*, une ligne droite indéfinie, qui partant du pole, paſſe par le centre de courbure.

IV°. On nomme *foyer*, un petit eſpace F, où ſe réuniſſent & coïncident les rayons R, M, S, réfractés par une loupe ou lentille A B. (*fig.* 66.)

1002. DESCRIPTION II. Les *verres concaves* ſont l'oppoſé des verres convexes. Soit une matiere flexible & ductile ABCD (*fig.* 69), dans laquelle on enfonce une ſphere DPCE : la courbure imprimée dans cette matiere, ſi c'eſt du verre, donnera un *verre concave d'un côté* DPC. Si dans la même matiere ABGF, on enfonce du côté oppoſé, la même ſphere ou une ſphere égale, en telle ſorte que les deux diametres prolongés EPH ſe confondent, on aura un *verre concave des deux côtés* DCGF.

Un verre concave a pour centre de courbure, le centre même de la ſphere plus ou moins grande

qui le courbe de part & d'autre. Il eſt clair que le plus ou le moins de courbure dans les verres concaves, que le plus ou le moins d'éloignement du centre de courbure, dépend du plus ou du moins de grandeur qu'aura la ſphere qui formera cette courbure dans le verre, ou qui ſervira de modele pour la former.

1003. REMARQUE. On conçoit aiſément, d'après ce que nous avons dit ſur les miroirs de réflexion convexes & concaves, que la ſurface des verres convexes & concaves eſt compoſée d'une infinité de petits plans, tous perpendiculaires aux rayons, tous convergents vers le centre de courbure.

Tout l'art, dans la théorie de la réfraction en ce genre, conſiſte à bien ſaiſir les *perpendiculaires*, dont doit s'approcher ou s'éloigner le rayon réfracté, en entrant dans le verre ou en ſortant du verre. Quoique nous ayons déja donné ailleurs les définitions des *perpendiculaires aux différents milieux* (403); il ne ſera pas inutile de rappeller ici ces définitions, & d'en faire l'application aux verres convexes & concaves.

PERPENDICULAIRES A CES VERRES.

1004. DÉFINITION I. La *perpendiculaire, dans un verre convexe*, eſt le rayon mené du point d'incidence au centre de courbure (*fig.* 64): puiſque cette ligne ou ce rayon *r* C, eſt perpendiculaire au petit plan *r*, où ſe fait la réfraction du jet lumineux R *r*, qui eſt le rayon incident.

La *perpendiculaire, hors d'un verre convexe*, eſt le prolongement du rayon mené du centre de courbure au-delà du point d'émergence: puiſque

ce prolongement *r x* eſt perpendiculaire au petit plan *r*, où ſe fait la réfraction du rayon émergent *v r* R par exemple.

Il eſt clair que la même définition convient indifféremment à toute matiere pénétrable à la lumiere, qui aura une convexité ſphérique : par exemple, à un globe d'eau glacée, à un œil, &c. On peut dire la même choſe de la définition ſuivante, que nous allons appliquer au verre, & qui convient également à tout corps diaphane d'une concavité ſphérique.

1005. DÉFINITION II. La *perpendiculaire*, *dans un verre concave* (*fig.* 69), eſt le prolongement *r* F du rayon M*r* mené du centre de courbure au point d'incidence *r* : puiſque ce prolongement *r* F eſt perpendiculaire au petit plan *r*, où ſe fait la réfraction du jet lumineux S *r*.

La *perpendiculaire*, *hors d'un verre concave*, eſt le rayon même de la ſphere, mené du point d'émergence au centre de courbure : puiſque ce rayon *r* M eſt perpendiculaire au petit plan *r* où ſe fait la réfraction du rayon émergent *x r s*.

Il eſt clair que le fluide aérien eſt un milieu à ſurface ſphérique, dans un verre ſphériquement concave ; qu'il eſt un milieu à ſurface ſphériquement concave, autour d'un verre à ſurface ſphérique. (403.)

Les rayons qui tombent ſur des verres convexes ou concaves, peuvent être ou paralleles, ou divergents, ou convergents : c'eſt ſous ce triple point de vue que nous allons les examiner dans leur réfraction.

PARAGRAPHE TROISIEME.

RÉFRACTION DANS LES VERRES CONVEXES.

1006. ASSERTION I. *Les rayons paralleles, qui tombent ſur la ſurface convexe d'une loupe ou lentille, parallelement à l'axe & fort près de l'axe, ont leur foyer ou leur point de concours dans un petit eſpace* F *autour de l'axe, au-delà du centre de courbure, vers l'extrêmité du diametre.* (fig. 70.)

EXPLICATION. Soit AB une loupe ou lentille de verre, laquelle ait pour centre de courbure d'une part le point C, & de l'autre le point R; & ſur laquelle tombent fort près de l'axe RCF, les rayons *a b*, *t v*, *n m* paralleles entre eux & paralleles à l'axe. Ces rayons, après leur réfraction, iront ſe réunir ſur l'axe dans un petit eſpace F, qui eſt leur foyer commun.

Cette aſſertion, conſtatée par l'expérience, découle de la théorie que nous avons donnée ſur la réfraction. Car,

I°. Le rayon *a b*, qui tombe ſur le milieu de la loupe ou lentille, & qui a ſa direction par les deux centres de convexité, eſt perpendiculaire au milieu réfractant; puiſqu'il ſe confond avec les deux rayons de la ſphere : ce rayon *a b* ne ſouffre donc aucune réfraction (987), & ſe meut dans le verre & hors du verre, dans la direction de l'axe RCF.

Mais ce rayon *a b* eſt le ſeul qui ne ſouffre aucune réfraction; parce qu'il eſt le ſeul qui ſoit perpendiculaire au milieu réfractant : & ſi ce rayon *a b* eſt compoſé de pluſieurs filets lumi-

neux, il n'y a que l'infiniment petit filet du milieu, qui ſoit perpendiculaire au verre convexe, & qui ſoit exempt de réfraction.

II°. Le rayon parallele *m n*, en entrant obliquement de l'air dans le verre qui eſt pour lui un milieu plus facilement pénétrable que l'air, s'incline vers la perpendiculaire de ce nouveau milieu (988), laquelle eſt le rayon de courbure *n* C (1004): ce rayon de lumiere *m n*, au lieu de ſuivre ſa primitive direction *m n*, ſe coude donc en *n*, & prend dans le verre la direction *n o*.

Le rayon *n o*, en paſſant obliquement du verre dans l'air qui eſt pour lui un milieu plus difficilement pénétrable, s'incline en s'éloignant de la perpendiculaire de ce nouveau milieu (989), laquelle eſt la ligne *o p*, ou le prolongement du rayon R *o* (1004): ce rayon de lumiere *m n*, réfracté & coudé en *n*, réfracté & coudé de nouveau dans le même ſens en *o*, convergera donc vers l'axe RCF, qu'il atteindra en un point F.

III°. Par la même raiſon, le rayon parallele *t v* ſe réfractera & s'inclinera vers la perpendiculaire *v* C, en entrant dans le verre en *v*; ſe réfractera & s'éloignera de la perpendiculaire *r p*, en ſortant du verre en *r*; & ſe portera vers l'axe en un point F.

IV°. Si les deux rayons *t v* & *m n* ſont à égale diſtance de l'axe, ils tombent ſur deux petits plans également inclinés à leur direction, leſquels les réfractent également: ces deux rayons iront donc ſe réunir, après leur réfraction qui les incline également vers l'axe, ſur un même point de l'axe au-delà du centre de courbure.

Mais si ces deux rayons *t v* & *m n* sont inégalement éloignés de l'axe, ils tombent sur deux petits plans inégalement inclinés à leur direction: leurs angles d'incidence étant inégaux, leurs angles de réfraction le seront aussi (990). Ces deux rayons, inégalement inclinés vers l'axe par la réfraction, se porteront donc, non sur un même point de l'axe, mais sur deux points différents de l'axe, l'un un peu plus près & l'autre un peu plus loin du centre de courbure C. Delà vient que le foyer des rayons paralleles, dans une loupe, n'est jamais un simple point, mais un petit espace circulaire F.

V°. Si les deux filets qui terminent un rayon lumineux *m n* étoient réfractés également en entrant dans la loupe & en sortant de la loupe; ces deux filets lumineux, après leur double réfraction, resteroient paralleles entre eux, & ne coïncideroient point sur l'axe. Mais le filet plus éloigné de l'axe, se réfracte d'une plus grande quantité que le filet moins éloigné de l'axe (990): ce qui fait que ces deux filets *m n* deviennent convergents après leur réfraction *n o* F.

VI°. Si les rayons *m n*, *t v*, au lieu d'être paralleles, étoient un peu convergents; ils essuieroient les deux mêmes réfractions dans le même sens, & se porteroient vers l'axe dans un point moins éloigné du centre de courbure, entre C & F.

Si ces deux mêmes rayons *mn* & *t v*, au lieu d'être paralleles, étoient un peu divergents; ils essuieroient encore les deux mêmes réfractions dans le même sens, & se porteroient vers l'axe, dans un point un peu plus éloigné que le point F, du centre de courbure.

1007. ASSERTION II. *Si deux touffes de rayons paralleles ou très-peu convergents, ou très-peu divergents, convergentes l'une à l'égard de l'autre, tombent ſur une même loupe ou lentille; chaque touffe aura ſon foyer à part; & les deux touffes réfractées ſe rapprocheront de l'axe.* (fig. 71.)

EXPLICATION. Soient les deux touffes ou les deux faiſceaux de rayons MN, RN, convergentes entre elles, leſquelles vont ſe réfracter dans la loupe N. La touffe MN, par exemple, eſt compoſée d'une infinité de filets lumineux, qui tombent ſur tout autant de petits plans diverſement inclinés à leur direction : chaque rayon ou filet lumineux de cette touffe, doit donc ſe réfracter diverſement dans la loupe, mais toujours en ſe rapprochant de ſa perpendiculaire qui eſt un rayon mené du point d'incidence au centre de courbure C. Toute la touffe MN ſe rapprochera donc de l'axe NC; & chaque filet lumineux de cette touffe MN s'en rapprochera d'autant plus, qu'il tombera plus obliquement ſur ſon petit plan réfractant (990). Tous les filets lumineux qui forment cette touffe MN, inégalement réfractés & inclinés vers l'axe, iront donc ſe réunir & coïncider en un point *m* au-deſſous de l'axe, où ils formeront image. Par la même raiſon, la touffe lumineuſe RN ira coïncider & former image au point *r*, en ſe rapprochant de l'axe. (911, 972.)

DIVERSES EXPÉRIENCES.

1008. EXPÉRIENCE I. *Si on expoſe parallélement au ſoleil une loupe de verre* AB; *les rayons*

ſolaires t v , a b , m n , *ſenſiblement paralleles entre eux* (947), *deviennent convergents ; ſe convertiſſent en un cône* r F o ; *& après s'être réunis en un point* F , *qui eſt leur foyer commun , ils continuent leur route* r F g , o F p , *en formant un nouveau cône égal & oppoſé par ſon ſommet au premier.* D'où il réſulte (*fig.* 70):

I°. Que ſi ces rayons *r* F , *b* F , *o* F , étoient réfléchis du point F chacun perpendiculairement ſur lui-même dans la loupe AB ; ces rayons divergents en ſortiroient paralleles dans les directions *n m* , *b a* , *v t*. La raiſon en eſt , que ces rayons réfléchis ſur eux-mêmes du point F , eſſuieroient dans la loupe A B préciſément la même réfraction en ſens contraire, qu'ils viennent d'eſſuyer.

II°. Que ſi on place en D E , une loupe égale & parallele à la loupe AB , & également éloignée du foyer F ; les rayons divergents F *p*, F *g* , deviendront paralleles après leur réfraction. La raiſon en eſt que les rayons F *p* , F *g* , doivent ſe réfracter dans la loupe D E , préciſément comme les rayons réfléchis F *o* , F *r* , dont nous venons de parler , ſe réfractent dans la loupe AB qui les rend paralleles après leur double réfraction.

III°. Que ſi au foyer F , où coïncide tout le cône de lumiere réfractée *r* F *o* , on place un corps combuſtible ; ce corps ſera brûlé ou calciné par l'action réunie & concentrée de tous ces rayons , dont chacun eſt armé d'un feu qui lui eſt propre , & dont la force propre à brûler augmente , & en raiſon de leur denſité , & en raiſon de leur proximité (976. IV°). Dela les

miroirs ardents par réflexion, dont l'action, supérieure à celle de tous les feux ordinaires, dissout & calcine les corps les plus réfractaires qui résistent à toute l'activité des feux de reverbere les plus violents.

IV°. Que les rayons paralleles *tv*, *mn*, dardés ou répercutés sur un verre convexe, deviennent convergents dans leur réfraction *vr*, *no*, *vr*F, *no*F: ce qui fait que l'objet *tm* d'où ils partent, est vu sous un plus grand angle optique TFM, & paroît plus grand qu'il n'est en réalité.

1009. EXPÉRIENCE II. *Quand plusieurs rayons convergents sont dardés sur un verre convexe* (fig. 72):

I°. Si ces rayons convergents *ab*, *mn*, tendent préciſément au centre de courbure C; ils n'essuient aucune réfraction dans le verre: parce qu'ils sont perpendiculaires à la surface du milieu réfractant.

II°. Si ces rayons convergents *ab*, *dn*, tendent à se réunir au-delà du centre de courbure en *x*; ils deviendront plus convergents dans la réfraction, & se réuniront en un point *z*, entre le centre de courbure C & le foyer des rayons paralleles F. La raison en est, que le rayon *dnx*, en entrant dans le verre, doit s'approcher de la perpendiculaire *n* C; & atteindre plutôt l'axe C*x*, que s'il n'essuyoit aucune réfraction.

III°. Si ces rayons convergents *ab*, *pn*, tendent à se réunir entre le verre & le centre de courbure; ils deviendront moins convergents dans la réfraction; & se réuniront en point *v*, plus loin du miroir & plus près du centre de courbure. La raison en est, que le rayon *pno*, en entrant

entrant dans le verre, doit s'approcher de la perpendiculaire *n* C. (988.)

Il réſulte delà, qu'une touffe de rayons paralleles, réfractés & rendus convergents par une loupe, peut, en paſſant par une nouvelle loupe parallele à la premiere, devenir ou plus convergente ou moins convergente. Elle deviendra *plus convergente*, ſi elle tend à coïncider au-delà du centre de courbure de la nouvelle loupe: puiſque dans ce cas, chaque filet lumineux, en paſſant obliquement de l'air dans la nouvelle loupe, tend à ſe rapprocher de la perpendiculaire menée dans le nouveau milieu, laquelle eſt le rayon mené du point d'incidence au centre de courbure de la ſeconde loupe. Elle deviendra *moins convergente*, ſi elle tend à coïncider entre la loupe & le centre de courbure: puiſque dans ce cas, chaque filet lumineux tend encore à s'approcher de la perpendiculaire du milieu réfractant, laquelle eſt le rayon mené du point d'incidence au centre de courbure, plus loin que le point où devroient coïncider tous les rayons réfractés & rendus convergents par la premiere loupe.

1010. EXPÉRIENCE III. *Quand pluſieurs rayons divergents ſont dardés ſur une loupe* AB (fig. 74):

I°. Si ces rayons divergents F *m*, F *n*, ont leur point de divergence au foyer F; ils ſeront paralleles après leur réfraction *m g*, *n h*. (1007.)

II°. Si ces rayons divergents *b m*, *b n* ont leur point de divergence plus loin que le foyer F; ils ſeront convergents après leur réfraction *m r*, *n r*, qui les rapproche des perpendiculaires *m* C, *n* C; & qui les en rapproche plus que s'ils partoient

du foyer des rayons paralleles, où ils ſeroient plus divergents.

III°. Si ces rayons divergents *am*, *an*, ont leur point de divergence entre la loupe & le foyer F ; ils ſeront divergents, mais moins divergents qu'auparavant, après la réfraction *mv*, *mx*, qui les rapproche des perpendiculaires *m*C, *n*C.

IV°. *Plus le point de divergence de deux rayons peu divergents, eſt près de la loupe réfractante ; plus eſt petite la réfraction qu'ils eſſuient.* (fig. 73.)

Soient les deux rayons très-peu divergents AM & AN, partis d'un objet placé plus ou moins loin au-delà de la loupe réfractante : ces rayons ſeront moins réfractés par une même loupe en *m n*, qu'en MN.

La raiſon en eſt, que les infiniment petits plans de la loupe réfractante ſont d'autant plus inclinés aux rayons AM & AN qui les atteignent, que ces rayons ſont plus éloignés l'un de l'autre en MN, qu'en *m n*. Cette réfraction peut aller juſqu'à rendre convergents & coïncidents en un point F, les rayons AMF, ANF, après leur réfraction : dans ce cas, ces rayons formeront image au point F (972) ; & l'objet A ſera vu en F, par un œil placé en O. (912.)

1011. REMARQUE. Ces deux dernieres expériences, & les obſervations qui les accompagnent, ſervent à rendre raiſon d'une foule de variétés qu'on obſerve dans les effets produits par un même verre convexe relativement à un même objet ; ſelon que le verre eſt plus près ou plus loin de l'objet, ſelon que l'œil eſt plus près ou plus loin du verre réfractant. Nous allons développer les principaux phénomenes en ce genre, dans les corollaires ſuivants.

DIVERS COROLLAIRES.

1012. COROLLAIRE I. *Un objet, vu à travers une loupe & au-delà de cette loupe, paroît plus grand qu'il n'eſt en réalité.* (fig. 76.)

EXPLICATION. Soit un objet AB, vu à travers la loupe *mn*, par un œil placé en D. S'il n'y avoit point de loupe entre l'œil & l'objet, les extrêmités A & B de l'objet ſeroit vues ſous l'angle optique *v* D *x*, lequel détermine la grandeur apparente de l'objet AB (917). Mais à cauſe de la réfraction qu'eſſuient les rayons en traverſant la loupe & qui les rapproche tous du centre de courbure C; le point A eſt vu par le moyen du rayon réfracté & coudé A *m* D; le point B eſt vu par le moyen du rayon réfracté & coudé B *n* D. L'objet AB eſt donc vu ſous l'angle optique *m* D *n*, plus grand que l'angle optique *v* D *x*. Sur quoi il faut remarquer :

I°. Que le point A, par exemple, eſt rendu ſenſible à l'œil, non par un ſimple filet lumineux, mais par une petite touffe de rayons divergents A *m o* D, leſquels deviennent moins divergents en ſe réfractant inégalement dans la loupe, qui les rapproche tous de l'axe F R C, mais qui infléchit davantage vers l'axe ceux qui tombent ſur la loupe plus loin de l'axe (990). Ce petit cône lumineux *o*D*m* ſe termine en pointe en *a*, au-delà de l'objet AB : le point A eſt donc réellement vu en *a* (912), plus loin qu'il n'eſt en réalité.

Mais comme la loupe, en réfractant & en rapprochant les rayons qui partent du point A, en réunit une plus grande quantité dans l'œil D;

le point A paroît plus éclairé, qu'il ne le paroîtroit à la vue ſimple : delà vient que ce point A, vu en *a*, nous paroît plus près de l'œil qu'il ne devroit paroître. Si l'objet AB étoit prolongé juſqu'au point H ; cette partie H de l'objet, vue par le rayon direct & non réfracté HD, paroîtroit ſenſiblement entre la loupe & l'image *ab* vue à travers la loupe.

II°. Que le point A darde ſur la loupe réfractante, une foule d'autres rayons AR, qui ſont perdus pour l'œil D ; parce que les rayons AR, après leur double réfraction, ſont portés en M au-deſſous de l'œil : ces rayons ARM iront peindre le point A dans un œil placé en M, & non dans l'œil D : ils doivent donc être regardés comme nuls ou comme non avenus, par rapport à l'œil D.

Il eſt clair que tous les autres points de l'objet AB ſeront rendus de même ſenſibles à l'œil D, par des rayons divergents, qui deviennent un peu moins divergents en ſe réfractant dans la loupe, & qui vont coïncider un peu au-delà de l'objet AB. Tout l'objet AB ſera donc vu en *ab*, plus loin qu'il n'eſt en réalité. Mais comme chaque point de l'image *ab* eſt fort éclairé, cette image ſera jugée plus près de la loupe & de l'œil, qu'elle ne l'eſt réellement : parce que, toutes choſes étant égales d'ailleurs, un objet connu nous paroît d'autant plus près, qu'il ſe montre ſous un plus grand angle optique & qu'il brille de plus de lumiere. (927.)

1013. COROLLAIRE II. *Un objet qu'on regarde à travers une loupe, paroît tantôt au-delà de la loupe & dans ſa ſituation naturelle ; tantôt en-deçà de la loupe & dans une ſituation renverſée ; & dans*

le paſſage de l'une à l'autre de ces deux ſituations, l'objet ne préſente point d'image, ou ne préſente qu'une image extrêmement confuſe. (fig. 77.)

EXPLICATION. I°. Un objet, vu à travers une loupe, peut paroître au-delà de la loupe, & à peu près dans ſa ſituation naturelle; comme nous venons de l'expliquer (1012): mais il faut pour cela que l'objet S ſoit placé entre la loupe & le foyer F des rayons paralleles. Dans ce cas, l'objet S ſera vu en *s* dans ſa ſituation naturelle, par un œil placé en T, lequel ſera affecté par le cône lumineux SVT.

II°. Si l'objet F eſt placé au foyer F des rayons paralleles; tous les rayons qu'il darde ou qu'il répercute ſur la loupe réfractante, en ſortent paralleles, & arrivent paralleles dans l'œil N. Dans ce cas, l'objet F ceſſe d'être vu, ou n'eſt vu que très-confuſément par un œil bien conſtitué: parce que, pour que la viſion ait lieu dans un œil bien conſtitué, il faut que les rayons dardés ou répercutés par chaque point de l'objet viſible, arrivent dans l'œil un peu divergents. (910, 1040.)

III°. Si l'objet R eſt placé au-delà du foyer F des rayons paralleles; tous les rayons divergents qu'il darde de chacun de ſes points ſur la loupe réfractante, tombent ſur des plans plus éloignés de l'axe, plus inclinés à leur direction, que s'ils partoient du foyer des rayons paralleles. Or s'ils partoient du foyer des rayons paralleles, ils ſeroient paralleles après leur réfraction: donc après avoir eſſuyé une réfraction plus conſidérable que s'ils partoient du foyer des rayons paralleles, les rayons divergents RP,

ſeront convergents PZX, & coïncideront en un point X, où ils formeront image. Un œil bien conſtitué, placé en Z ou en X, ne verra point l'objet R; parce que la touffe lumineuſe PZX, n'eſt point divergente: mais un œil bien conſtitué, placé en A, verra l'objet R en X, en-deçà de la loupe. (912.)

L'objet qu'on voit hors de ſon vrai lieu, entre l'œil & la loupe, ſe montre dans une ſituation renverſée: par exemple (*fig.* 79), l'objet AB eſt vu en *b a*, dans une ſituation renverſée, par un œil placé en D. La raiſon en eſt, que le point A eſt vu par le moyen du rayon réfracté A N *a* D; & le point B, par le moyen du rayon réfracté B M *b* D. De tous les rayons que dardent ou répercutent les points A & B, il n'y a que les rayons AN & BM, croiſés en C, qui arrivent dans l'œil D avec une divergence propre à rendre viſible à cet œil les points A & B. On voit déja ici en partie, le méchaniſme phyſique des lunettes d'approche, qui font voir un objet AB en *b a*, ſous un plus grand angle optique MDN.

1014. COROLLAIRE III. *Un objet unique, qu'on regarde à travers un verre à facettes, eſt vu en pluſieurs endroits différents.* (fig. 75.)

EXPLICATION. Soit MNK un verre à facettes planes, à travers lequel on regarde l'objet A: cet objet A ſera vu en *a*, en *b*, en *c*, par un œil placé en R.

I°. Tous les filets lumineux qui compoſent le cône AM, ſe rapprochent de la perpendiculaire menée dans le milieu réfractant (988), & arrivent moins divergents dans l'œil R: cet œil verra donc d'abord l'objet A en *a*, par le moyen

du cône lumineux moins divergent RM, qui va coïncider en *a*. (912.)

II°. Tous les filets lumineux qui forment le cône AN, ſe rapprochent auſſi de la perpendiculaire menée de la ſurface plane N dans le milieu réfractant ; & comme les uns ſont plus inclinés que les autres à la ſurface N, les plus obliques ſe rapprochent plus que les autres de la perpendiculaire (990) ; & ce cône réfracté NR arrive moins divergent dans l'œil R : cet œil verra donc encore l'objet A en *b*, par le moyen du cône lumineux & moins divergent RN, qui va coïncider en *b*.

III°. Par la même raiſon, l'objet A ſera encore vu en *c*, par le moyen du cône réfracté AKR, dont la baſe eſt dans l'œil, & dont la pointe eſt en *c*.

PARAGRAPHE QUATRIEME.

RÉFRACTION DANS LES VERRES CONCAVES.

1015. OBSERVATION. La théorie détaillée & développée que nous venons de donner ſur les verres convexes, pourroit abſolument ſuffire pour faire entendre les différents phénomenes des verres concaves, qui dans leur ſtructure & dans leurs effets ſont en général l'oppoſé des verres convexes. Il ne ſera cependant pas inutile d'entrer dans quelque détail en ce genre. Soit donc le verre concave FGHK, dans lequel nous allons obſerver les principaux phénomenes de la réfraction. (*fig.* 80.)

1016. ASSERTION I. *Les rayons paralleles dans*

leur incidence, en passant de l'air dans un verre concave, deviennent divergents dans leur réfraction.

EXPLICATION. Soient trois rayons A *a*, *mn*, *vx*, paralleles entre eux & paralleles à l'axe AB, qui passent de l'air dans un verre concave, & de ce verre dans l'air.

I°. Le rayon A *a*, qui a sa direction par les deux poles *a* & *b* & par les deux centres de courbure A & B, ne souffre aucune réfraction; parce qu'il est perpendiculaire par-tout à la substance réfractante. (987.)

II°. Le rayon *mn*, parallele au rayon A *a*, se réfracte en *n*, en passant obliquement de l'air dans le verre (988); & prend la direction *no*, s'approchant de la perpendiculaire *n* K. (1005.)

Ensuite, ce rayon *no*, en passant obliquement du verre dans l'air, se réfracte encore; & prend la direction *op*, en s'éloignant (989) de la perpendiculaire *o* B menée du verre dans le milieu aérien. (1005.)

III°. Par la même raison, le rayon *vx*, parallele au rayon *mn*, se réfracte en *x* & en *y*; & prend la direction *vxyz*. Ces rayons, paralleles dans leur incidence, deviendront donc divergents en passant de l'air dans le verre concave; plus divergents encore, en passant du verre concave dans l'air.

1017. ASSERTION II. *Les rayons convergents dans leur incidence, qui passent de l'air dans un verre concave, deviennent moins convergents dans leur réfraction, qui peut aller jusqu'à les rendre paralleles ou même divergents.*

EXPLICATION. Soient les rayons *rs*, *mn*, A *a*,

convergents dans leur incidence, & qui vont se réfracter dans un verre concave. (*fig.* 78.)

I°. Le rayon A *a* & le rayon *r s* coincideroient en B, s'ils n'essuyoient aucune réfraction. Le rayon A *a*, qui a sa direction dans l'axe A B, & qui est toujours perpendiculaire aux milieux réfractants, ne souffre aucune réfraction (987). Mais le rayon *r s*, oblique au milieu réfractant, au lieu de suivre sa primitive direction *r s* B, se réfracte en entrant dans le verre (988), & s'approche de la perpendiculaire *s p* (1005) : le rayon *r s* prend donc la direction *s t*, qui peut être parallele à la direction *a b*. Les rayons convergents *r s* & A *a* deviennent donc moins convergents dans leur réfraction, qui peut aller jusqu'à les rendre paralleles.

Les rayons *a b* & *s t*, après avoir traversé le verre, passent dans l'air, où nous allons observer leur marche. En supposant que le rayon *a b*, perpendiculaire au milieu réfractant, ne souffre aucune réfraction ; il est clair que le rayon *s t*, oblique au milieu aérien qui est pour lui un milieu sphériquement convexe (1005), doit se réfracter en *t*, en s'éloignant de la perpendiculaire *t* B : ce qui lui donnera la direction *r s t v*, qui sera ou qui pourra être divergente par rapport à la direction A *a b* B.

II°. Le rayon *r s* & le rayon *m n*, convergents dans leur incidence, deviendront moins convergents dans leur premiere réfraction *s t* & *n o ;* moins convergents encore dans leur seconde réfraction *t v* & *o q :* ce qui peut aller jusqu'à les rendre paralleles ou même divergents.

1018. ASSERTION III. *Les rayons divergents*

dans leur incidence, qui paſſent de l'air dans un verre concave, ne ſouffrent aucune réfraction dans le verre, s'ils divergent du centre de courbure; deviennent plus divergents, s'ils divergent de plus loin que le centre de courbure; deviennent moins divergents, s'ils divergent de plus près que le centre de courbure. (fig. 83.)

EXPLICATION. I°. Les rayons CR & C*v*, qui ont leur point de divergence au centre de courbure C, ſont perpendiculaires au milieu réfractant (1005): ils ne ſouffrent donc aucune réfraction dans ce milieu (987); & ils continuent à ſe mouvoir au ſein du verre concave, dans leurs primitives directions CRS, C*vx*. Mais en ſortant du verre, le rayon *vx* s'infléchit dans la direction *vxy* (989), en s'éloignant de la perpendiculaire *x* D (1005): ce qui rend plus divergents les rayons CRSD, C*vxy*, quand ces rayons deviennent émergents.

II°. Les rayons MR, M*n*, qui ont leur point de divergence plus loin que le centre de courbure C, deviennent plus divergents dans le verre. Car en ſuppoſant que le rayon MCRSD, par-tout perpendiculaire aux milieux réfractants, ne ſouffre aucune infléxion; il eſt clair que le rayon M*n*, oblique au milieu réfractant, doit ſouffrir une réfraction *no*, qui l'approchera de la perpendiculaire *np* (988). En ſortant du verre, le rayon *no* ſouffre une ſeconde réfraction *oq*, qui l'éloigne de la perpendiculaire *o* D, & qui l'écarte encore davantage du rayon MCRD.

III°. Les rayons *a*R, *am*, qui ont leur divergence entre le verre concave & le centre de courbure C, deviennent moins divergents dans le

verre. Car en ſuppoſant le rayon *a* R S ſans réfraction, il eſt clair que le rayon *a m* doit ſe réfracter en s'approchant (888) de la perpendiculaire *m* P (1005); & prendre dans le verre la direction coudée *a m b*, moins divergente que *a m r*. Le rayon *m b*, en ſortant du verre, quitte la direction *m b t*, pour prendre la direction *b c*, qui l'éloigne (989) de la perpendiculaire *b* D. (1005.)

1019. REMARQUE. Ce que nous venons de dire ſur les verres à double concavité, ſuffit pour faire connoître la marche des rayons réfractés dans les verres concaves d'un côté & plans de l'autre; dans les verres concaves d'un côté & convexes de l'autre, qu'on nomme *meniſques*, quand les deux ſurfaces convexe & concave ſont paralleles. Par exemple (*fig.* 85):

I°. Soit un meniſque AB, qui ait pour centre de ſa double courbure le point C, & ſur lequel tombent les deux rayons paralleles C *d* & *m n*. D'abord en ſuppoſant que le rayon C *d*, perpendiculaire au milieu réfractant, ne ſouffre aucune réfraction; il eſt clair que le rayon *m n*, oblique au milieu réfractant, doit prendre la direction *n o*, en s'approchant (988) de la perpendiculaire *n p* (1005). Ce rayon *n o* deviendra donc divergent par rapport au rayon C *d b*. Enſuite le rayon *n o*, en paſſant obliquement du verre dans l'air, s'éloignera (989) de la perpendiculaire *o* P (1005); & prendra la direction *o q*: ce qui lui rendra à peu près ſon premier parallélisme. Mais les rayons émergents *o q* & *b* F, ſont plus écartés l'un de l'autre, que les rayons incidents *m n*, C *d*.

Par la raiſon contraire, ſi deux rayons pa-

ralleles *q o*, F *b*, tombent ſur la partie convexe d'un meniſque, parallélement à l'axe F C; les rayons émergents *n m* & *d* C ſeront à peu près paralleles & plus rapprochés l'un de l'autre, que les rayons incidents. D'où il réſulte qu'*un meniſque raréfie la lumiere qui tombe ſur ſa partie concave; & condenſe la lumiere qui tombe ſur ſa partie convexe.*

II°. Soit RS un verre concave d'un côté & plan de l'autre (*fig.* 84), ſur lequel tombent parallélement à l'axe, les rayons paralleles entre eux *c d* & *m n*. Le rayon *c d*, que nous ſuppoſerons perpendiculaire au milieu réfractant & dardé dans la direction de l'axe, ne ſouffre aucune réfraction (987). Mais le rayon *m n*, oblique au milieu réfractant, s'infléchit vers la perpendiculaire *n p*, & prend la direction coudée & divergente *m n o*. Enſuite ce rayon *n o*, en paſſant du verre dans l'air, s'éloigne de la perpendiculaire *o* P (989); & prend la direction coudée & encore plus divergente *n o q*. Mais la divergence *o q* eſt moindre, que ſi le verre étoit concave des deux côtés: parce que le rayon émergent eſt moins incliné au milieu réfractant, que ſi ce milieu aérien étoit convexe dans un verre concave. (1005.)

1020. COROLLAIRE. *Les verres concaves font voir les objets, qui ſont placés au-delà de leur centre de courbure, plus près qu'on ne les verroit à la ſimple vue, plus petits qu'ils ne ſont, & avec moins de clarté.*

EXPLICATION. I°. Un objet qu'on regarde à travers un verre concave des deux côtés, paroît plus près qu'on ne le verroit à la ſimple vue.

Car ſoit un objet A, vu à travers un verre concave. (*fig.* 82.)

Les rayons divergents A*t*, A*v*, qui vont peindre le point A dans l'œil D, deviennent plus divergents en paſſant de l'air dans le verre, & du verre dans l'air (1018): ils arrivent donc plus divergents *tx*, *vz* dans l'œil D; & coïncident moins loin du verre, en un point *a*, où eſt vu le point lumineux ou illuminé A. (912.)

II°. Un objet qu'on regarde à travers un verre concave, paroît moins éclairé qu'on ne le verroit à la ſimple vue : ſoit parce que le verre intercepte une partie des rayons qui arriveroient dans l'œil; ſoit parce que les rayons qui paſſent à travers le verre & qui arrivent dans l'œil, y arrivent plus divergents, & par conſéquent plus raréfiés.

III°. Un objet qu'on regarde à travers un verre concave, paroît plus petit qu'il ne paroîtroit à la ſimple vue : parce qu'il eſt vu ſous un moindre angle optique. Par exemple, ſoit l'objet AB, vu à travers le verre concave MN, par un œil O. (*fig.* 81.)

Si le verre concave diſparoiſſoit, l'objet AB ſeroit vu ſous l'angle optique AOB, par le moyen des rayons A*m*O, B*n*O. Mais le verre concave MN étant placé entre l'œil & l'objet, le point A eſt vu par le moyen du rayon doublement réfracté A*vx*O, qui eſt un cône lumineux dont le ſommet eſt en *a*; le point B eſt vu par le moyen du rayon doublement réfracté B*rs*O, dont le ſommet eſt en *b*; comme nous venons de le faire voir, en expliquant comment & pourquoi les verres concaves font voir les objets plus près qu'ils ne ſont en réalité.

Ces deux rayons convergents A*v*, B*r*, qui vont peindre les extrêmités de l'objet AB dans l'œil O, perdent dans le verre concave une partie de leur convergence (1017); ſe rapprochent du paralléliſme; & tracent dans l'œil l'objet AB, ſous l'angle optique *x*O*s* ou *a*O*b*, plus petit que AOB. L'objet AB, vu ſous un angle optique plus petit *a*O*b*, doit donc paroître moins grand qu'on ne le verroit à la ſimple vue. (917.)

Les rayons A*m*, B*n*, devenus moins convergents dans leur double réfraction (1017), ſe portent l'un au-deſſus & l'autre au-deſſous de l'œil : ces deux rayons n'entrent donc pour rien dans la viſion de l'objet AB. (*fig.* 82 & 81.)

IV°. Si l'objet A ou l'objet AB étoient placés entre le verre concave & le centre de courbure C de ce verre ; on n'auroit pas les trois effets dont nous venons de parler, du moins dans un degré auſſi marqué : parce que dans ce cas, l'inflexion des rayons dans le verre ſeroit diamétralement oppoſée à celle dont nous venons de faire mention ; comme on peut le voir par ce que nous avons dit dans la troiſieme aſſertion précédente.

PARAGRAPHE CINQUIEME.

INSTRUMENTS DE DIOPTRIQUE.

La *Magie infernale*, ou l'art ſacrilege d'opérer des effets ſupérieurs aux forces de la nature par le miniſtere des démons, fut la maladie ou la folie de la ſuperſtition, de la ſtupidité, de la corruption, dans des ſiecles d'ignorance. La *magie des arts*, ou l'art ingénieux d'opérer des effets ſurprenants par des moyens phyſiques

ignorés du vulgaire, fut le fruit & fit les délices du génie dans les ſiecles éclairés. Cette magie des arts doit ſes plus brillantes merveilles à la dioptrique ; ſcience qui apprend à rapprocher ou à éloigner immenſément les objets viſibles ; à les faire voir où ils ne ſont pas, ſous des formes & ſous des couleurs qu'ils n'ont point, tantôt multipliés, tantôt agrandis, tantôt rapétiſſés indéfiniment. Nous allons faire voir les moyens qu'emploie la dioptrique, pour opérer ces effets merveilleux.

LES MICROSCOPES (*).

1021. DÉFINITION. Les *microſcopes* ſont des inſtruments deſtinés à rendre viſibles avec la plus grande clarté, des objets comme infiniment petits, que leur ténuité dérobe à la vue ſimple (921). L'invention & l'uſage des microſcopes ne remonte pas au-delà du commencement du dernier ſiecle. Les microſcopes, qui nous rendent nettement viſibles les objets les plus imperceptibles, les téleſcopes qui nous mettent comme ſous les yeux les objets immenſément éloignés, ont procuré à la phyſique la plupart des brillantes découvertes qu'elle a faites dans ces derniers tems. Nous allons faire connoître le *microſcope ſimple*, le *microſcope compoſé*, le *microſcope ſolaire* : l'expérience ſuivante eſt relative

(*) ETYMOLOGIE. *Microſcope* : de μικρος, parvulus ; *très-petit* ; & de σκοπεω, video, *je vois* : *inſtrumentum cujus ope parvula & inſenſibilia videntur objecta.*

à ces trois ſortes de microſcopes, mais ſur-tout au microſcope ſimple.

1022. EXPÉRIENCE. *Si avec la pointe d'une aiguille, on perce une lame de métal ou une carte à jouer, & qu'à travers cette petite ouverture on regarde un petit objet placé très-près de l'œil; cet objet paroîtra incomparablement plus grand, que ſi on le voyoit à vue découverte & libre.* (fig. 87.)

EXPLICATION. Soit MN, une carte à jouer, ou une lame de métal fort mince; *v*, une petite ouverture formée par la piqûure d'une aiguille; FD, la rétine d'un œil placé très-près de l'ouverture *v*; AB, un petit objet placé très-près de l'ouverture *v*.

I°. Si la plaque MN diſparoiſſoit, l'objet AB ne ſeroit point vu nettement & diſtinctement: parce que les rayons divergents A*v* & B*v*, qui partent en touffe de tous les points de l'objet pour ſe rendre dans la prunelle de l'œil trop voiſin de l'objet, ont trop de divergence pour être réfractés dans l'œil de maniere à les faire coïncider ſur la rétine en *c* & en *e*: ce qui eſt cependant néceſſaire pour que la viſion ſoit nette & diſtincte.

Il eſt clair que plus un œil s'éloigne d'un point lumineux ou illuminé S, moins la touffe de rayons divergents ASB, CSD, FSG (*fig.* 32), a de divergence; & que moins une touffe de rayons eſt divergente, plus la réfraction de l'œil la ramene facilement à la coïncidence. En ſuppoſant toujours qu'il n'y a point de plaque MN entre l'œil P & l'objet AB; quand l'œil ſe ſera ſuffiſamment éloigné de l'objet AB, pour le voir diſtinctement,

tinctement, cet objet AB ſera vu ſous l'angle optique A *v* B. (*fig.* 87.)

II°. Mais la plaque MN étant placée entre l'œil & l'objet très-peu éloigné de l'œil ; l'œil, au lieu de recevoir des points A & B un faiſceau de rayons divergents qui aient beſoin d'un certain degré de réfraction pour coïncider juſtement ſur la rétine, ne reçoit pour ainſi dire qu'un rayon ſimple, qui fait toujours une impreſſion nette & diſtincte dans l'œil.

Dans ce cas, l'œil voit l'objet AB, par le moyen des rayons A *v*, B *v*, qu'on peut conſidérer comme deux rayons ſimples, ou comme deux infiniment petits cônes lumineux dont la baſe eſt l'ouverture *v*, qui ont très-peu de divergence, & auxquels l'œil donne la réfraction convenable pour les faire coïncider juſtement ſur la rétine.

III°. Les rayons ſimples A *v*, B *v*, en paſſant par l'ouverture *v*, ſouffrent une inflexion A *v* D, B *v* F, qu'ils ne ſouffriroient point dans l'air, ſi la plaque MN diſparoiſſoit : quelle que ſoit la cauſe de cette inflexion. Les rayons A *v* & B *v* arrivent donc infléchis dans la prunelle P ; & vont coïncider en D & en F ſur la rétine : le point A eſt donc vu en *a*, & le point B en *b*, aux points ou coïncident les rayons qui affectent l'œil (912) ; & l'objet AB ſe montre à l'œil ſous l'angle optique *a v b*, plus grand que l'angle optique A *v* B. L'objet AB, vu en *a b*, paroît donc plus grand qu'il ne paroîtroit à la vue libre & découverte. (917.)

Mais quelle eſt la cauſe qui infléchit les rayons A *v* D, B *v* F, au moment où ils paſſent dans la plaque par la très-petite ouverture *v* ? Le

rayon A *v*, par exemple, eſt-il réfléchi & détourné en D, par un pouvoir réfléchiſſant dans la partie M de la plaque ? Ce même rayon A *v* eſt-il infléchi & attiré en D, par un pouvoir attractif & réfractant dans la partie N de la plaque ? C'eſt ce qu'il n'eſt pas facile de décider. L'effet eſt certain & connu : la cauſe, vraiſemblablement la même que celle qui produit toute réfraction dans la lumiere, eſt incertaine & inconnue. (996.)

IV°. Il réſulte delà que le pouvoir de groſſir les objets, n'eſt point affecté uniquement aux lentilles de verre ; mais qu'il dépend principalement des petites ouvertures des lames de plomb qui enveloppent les lentilles du côté de l'objet, du moins dans les microſcopes ſimples ; leſquels ne ſont point microſcopes en tant qu'ils amplifient l'image des objets, mais ſeulement parce qu'ils font voir les objets avec plus de clarté. Par exemple :

Si au lieu du petit trou dont nous venons de parler, on ſuppoſe une lentille de verre *m n* (*fig.* 86), dont le foyer ſoit à peu près en A B ; les rayons ſimples A *v d*, B *v f*, s'infléchiront comme auparavant en entrant dans la lentille couverte d'une petite plaque percée ; & l'angle viſuel ſera comme auparavant *a v b*. Mais l'image *a b* ſera de beaucoup plus claire, que quand on voyoit l'objet AB par un ſimple trou ſans lentille : parce que cette image *a b* ſera formée dans l'œil, non-ſeulement par les rayons ſimples & infléchis *a v d*, *b v f* ; mais encore par les rayons collatéraux *m a n*, *m b n*, qui réfractés par la lentille, en ſortiront paralleles ou très-peu divergents (1010) ; & iront coïncider dans la

rétine ſur les mêmes points que les rayons ſimples *a v d*, *b v f*. C'eſt par là que les lentilles font voir les objets plus clairement qu'un ſimple trou : mais le pouvoir d'amplifier, vient eſſentiellement de ce que par leur moyen on peut voir diſtinctement à une très-petite diſtance de l'œil.

V°. On peut trouver à peu près combien de fois groſſit une lentille, par cette analogie : la *grandeur apparente* d'un objet vu par le moyen d'une lentille, eſt à la *grandeur apparente* de ce même objet vu à la vue ſimple & découverte ; comme la *diſtance* à laquelle on verroit diſtinctement cet objet à la vue ſimple, eſt à la *longueur du foyer* de la lentille. Suppoſons la longueur du foyer de la lentille, d'une ligne, = 1 ; & la diſtance à laquelle on verroit diſtinctement l'objet ſans lentille, de 8 pouces ou de 96 lignes, = 96 : cette lentille groſſira environ 96 fois. Si la longueur du foyer de la lentille eſt de 2 lignes, elle ne groſſira que 48 fois ; & ſi la longueur du foyer de la lentille n'eſt que d'une demi-ligne, elle groſſira 192 fois.

VI°. Nous avons dit que l'objet AB (*fig.* 86) devoit être placé à peu près au foyer de la lentille *m n*. Cet objet A B doit être très-près du foyer, mais cependant un peu en-deçà du foyer, du côté de la lentille : afin que les rayons fort divergents qui partent de chaque point de l'objet viſible, ſortent un peu divergents de la lentille, ſans s'éloigner trop du paralléliſme (1010). Si les touffes de rayons *a v d* & *b v f* arrivoient parfaitement paralleles dans un œil bien conſtitué ; réfractées par l'œil, elles coïncideroient avant

d'atteindre la rétine ; & la vision ne seroit point nette & distincte. (910, VI°.)

Microscopes, simple & composé.

1023. DESCRIPTION I. Le *microscope simple* consiste dans une seule lentille de verre *m n* (*fig.* 86), formée de deux segments d'une très-petite sphere. Cette lentille est couverte du côté de l'objet, d'une lame de plomb percée au milieu d'un petit trou, tel que le forme la piquure d'une épingle ou d'une aiguille. Le petit objet visible AB, placé très-près du foyer, mais entre le foyer & la lentille, darde sur cette lentille des rayons qui s'infléchissent en passant par le petit trou, & qui vont peindre cet objet dans l'œil sous un plus grand angle optique ; comme nous venons de l'expliquer. (1022.)

Le microscope simple n'est propre que pour observer de très-petits objets, placés très-près de l'œil : ce qui le rend fort incommode. Pour observer de plus grands objets, il faut recourir au microscope composé, dont nous allons parler.

1024. DESCRIPTION II. Le *microscope composé*, est communément formé de trois lentilles C, D, E, paralleles entre elles, & placées à des distances convenables, que nous indiquerons bientôt. Voici la marche des rayons dans ce microscope (*fig.* 88) :

I°. Soit un objet AB, placé un peu plus loin que le foyer de la lentille C, & vivement éclairé ou naturellement ou par le secours d'une loupe ou d'un miroir concave de réflexion, qui con-

centre ſur lui une grande quantité de lumiere. Chaque point de cet objet AB ſera comme un centre de lumiere, d'où rejailliſſent en droite ligne une infinité de rayons divergents, parmi leſquels nous ne conſidérerons que ceux qui arrivent & ſe réfractent dans la lentille C.

D'abord les rayons divergents A*m* & A*n*, qui partent du point A & qui divergent de plus loin que le foyer de la lentille C, ſe réfractent dans cette lentille & en ſortent un peu convergents *m d*, *n e* (1010) : ils iroient coïncider en H, s'ils ne ſouffroient aucune nouvelle réfraction.

Enſuite & de même, les rayons divergents B*m* & B*n*, qui partent du point B & qui divergent de plus loin que le foyer de la lentille C, ſe réfractent dans cette lentille, & deviennent convergents *mv*, *nx* : ils iroient coïncider au point G.

II°. La loupe D, plus grande que la lentille C, doit être placée aſſez loin de cette lentille ; en telle ſorte que les touffes divergentes C H & C G tombent aſſez loin de ſon centre D, & ſouffrent une forte réfraction.

D'abord les rayons convergents *m d* & *n e*, qui partent du point A, réfractés par la loupe D, deviennent plus convergents (1009) ; ſe rapprochent de l'axe D O (1007) ; & vont coïncider en un point *a*, où ils tracent l'image du point A.

Enſuite & de même, les rayons convergents *mv* & *nx*, qui partent du point B, réfractés par la loupe D, deviennent plus convergents, & vont coïncider en *b*, où ils tracent l'image du point B. L'image *b a* de l'objet A B, eſt renverſée.

III°. La lentille E, un peu plus petite que la lentille D, doit être placée en telle ſorte qu'elle ait ſon foyer en *f*, un peu au-delà de l'image *a b*: afin que les rayons divergents qui compoſent les deux touffes lumineuſes *b r* & *a s*, en ſortent preſque paralleles, mais un peu divergents (1010). Les deux touffes lumineuſes *b r* & *a s*, réfractées par la loupe ou lentille E, ſe rapprochent de l'axe DEO (1007): ce qui les fait arriver dans l'œil O, où elles tracent l'image renverſée de l'objet A B ſous l'angle optique *r* O *s*; lequel angle eſt incomparablement plus grand que celui ſous lequel on verroit le même objet A B, à la ſimple vue.

Cette image très-amplifiée, eſt en même tems très-éclairée: parce que la lumiere très-denſe qui part de l'objet vivement éclairé A B, ſe rapproche & ſe condenſe de plus en plus juſqu'à un certain point, dans les trois réfractions qu'elle eſſuie & qui la conduiſent dans l'œil O.

Microſcope ſolaire.

1025. DESCRIPTION III. Le *microſcope ſolaire*, inſtrument qui nous vint de Londres en 1743, & qui avoit été inventé peu de tems auparavant par M. Lieberkuin, de l'académie des ſciences de Berlin, eſt principalement compoſé & d'une loupe aſſez grande & d'une lentille très-petite, placées parallélement à une diſtance convenable dans un tube cylindrique, qu'on applique au trou d'un volet de fenêtre exactement fermée. Voici la marche des rayons dans ce merveilleux inſtrument, dont nous allons pricipalement ſuivre & développer le méchaniſme inté-

rieur, ſans nous attacher à en décrire la figure extérieure BA *m n* MN, qui eſt connue de tout le monde. Suppoſons une chambre bien fermée & bien obſcure, qui ait une fenêtre MN au midi à peu près. (*fig.* 93 & 94.)

I°. La loupe CD, placée à l'extrêmité du tube cylindrique hors du volet fermé & percé NM, reçoit, par le moyen du miroir plan ASB, un grand rayon ſolaire RST, d'un pouce ou d'un pouce & demi de diametre. Ce rayon ſolaire, compoſé de filets lumineux ſenſiblement paralleles (947), & dont la réflexion ſur un miroir plan ne détruit point le paralléliſme (944), ſe réfracte dans la loupe CD, devient très-convergent, & ſe convertit en un cône lumineux, ont la pointe eſt un peu au-delà du point *a*. (1008.)

II°. Dans ce torrent de lumiere condenſée T*a*, non loin de la pointe du cône, on place un verre plan fort mince EF, parallele aux deux grands cercles des deux lentilles CD & *m n* : c'eſt le *porte-objets*. Un très-petit objet diaphane *a*, par exemple une puce ou un ciron ou tel autre petit inſecte, fixé ſur ce porte-objets EF, eſt pénétré d'un torrent de lumiere condenſée, qui ſe fait jour à travers ſes pores, & qui continue ſa route C*an*, D*am*, après avoir paſſé à travers cet objet *a*.

III°. La très-petite lentille *m n*, dont le foyer très-court doit être un peu moins loin que le foyer de la loupe CD, reçoit & réfracte les rayons C*a* & D*a*, qui ont paſſé pas les pores de l'objet *a*. Suppoſons que la touffe lumineuſe D*a* paſſe par la tête de l'inſecte; & la touffe C*a*, par la partie oppoſée à la tête de l'inſecte:

que doit-il arriver ſelon les loix de la réfraction ?

D'abord la petite touffe lumineuſe D*a* eſt compoſée de rayons convergents, qui doivent coïncider & devenir divergents entre l'objet *a* & le foyer de la petite lentille *m n*. Ces rayons D*a m* arriveront donc divergents ſur la lentille *m*, où ils ſe réfracteront & deviendront convergents *m* G : parce qu'ils ont leur point de divergence, comme le ſuppoſe la poſition de la lentille *m n*, un peu plus loin que le foyer de cette lentille (1010). Cette petite touffe lumineuſe D*a*, qui a paſſé par la tête de l'inſecte dont elle a pris l'image, ira coïncider au-delà de la loupe en un point G, où elle tracera l'image de la tête de l'inſecte.

De même, la petite touffe lumineuſe C*a* eſt compoſée de rayons convergents, qui paſſent par la partie de l'inſecte oppoſée à la tête ; qui coïncident & deviennent divergents au foyer de la loupe CD ; qui ont leur point de divergence, plus loin que le foyer de la lentille *m n* ; qui arrivent divergents dans cette lentille, où ils ſe réfractent, deviennent convergents, & vont coïncider en H, où ils tracent l'image de la partie de l'objet qu'ils ont pénétrée.

IV°. Si on veut ſavoir pourquoi l'image GH eſt ſi prodigieuſement amplifiée, ou pourquoi le cône lumineux H*m n* G eſt notablement plus divergent que le cône lumineux C*a* D : la raiſon en eſt, que tous les filets lumineux qui compoſent le cône C*a* D, s'infléchiſſent & s'écartent, en paſſant par la petite ouverture de la lame de plomb qui enveloppe la lentille *m n* du côté de l'objet *a* ; comme comme nous l'avons expliqué plus haut. (1022.)

V°. Ce qu'il y a de plus ſingulier dans ce microſcope, c'eſt que l'objet *a* trace indifféremment ſon image en HG, en *r r*, en *s s*. La raiſon en eſt, que les filets lumineux & convergents *m* G, qui ont paſſé par un point quelconque de la tête de l'inſecte, très-vifs & très-denſes & preſque paralleles après leur réfraction, coïncident ſenſiblement ſoit en G, ſoit en *r*, ſoit en *s*. On doit dire la même choſe des filets lumineux *n* H, qui ont pénétré la partie de l'objet oppoſée à la tête.

Par le moyen du microſcope ſolaire (*fig.* 94), une puce ſe voit, avec la plus grande netteté, groſſe comme un mouton; un cheveu, comme un manche à ballet; les mittes du fromage, comme des tortues de deux ou trois pouces de diametre. Mais rien n'eſt plus curieux que la circulation du ſang, obſervée avec cet inſtrument dans le méſentere d'une grenouille ou dans la queue d'un teſtart: on croiroit voir une carte géographique, où une foule de rivieres ſeroient animées par un écoulement réel.

Quand l'objet *a*, placé non loin du foyer de la loupe CD, eſt expoſé a un degré de chaleur qui le deſſeche ou qui le fait périr trop tôt; on peut l'éloigner un peu de ce foyer, & le rapprocher de la loupe CD.

TÉLESCOPES DE RÉFRACTION.

1026. OBSERVATION. L'invention des *téleſcopes de réfraction*, fruit ſans doute du haſard, ne remonte pas au-delà du milieu du ſeizieme ſiecle: on en ignore l'auteur. Molineux, Galilée, Kepler, Huygens, perfectionnerent ces inſtru-

ments, auxquels l'aſtronomie doit ſes progrès & ſes plus belles découvertes. On les nomma *lunettes d'approche ;* parce qu'elles ſemblent rapprocher les objets éloignés, qu'on obſerve par leur moyen.

Les lunettes d'approche, telles qu'on les fait maintenant, ſont compoſées ou de deux ou de quatre verres lenticulaires, placés parallélement & convenablement dans un long tube ; comme nous allons l'expliquer.

1027. DESCRIPTION I. Les *lunettes d'approche à deux verres* ſont compoſées de deux verres lenticulaires C & D, dont les deux foyers ſont en *b a*. (*fig.* 96.)

La grande lentille C, placée au bout du tuyau que l'on tourne vers l'objet AB, ſe nomme l'*objectif :* la petite lentille D, placée à l'autre bout ou tuyau du côté de l'œil, ſe nomme l'*oculaire.* Voici la marche & l'effet des rayons, dans cette eſpece de lunette à deux verres C & D, que nous ſuppoſerons terminée en *o*. Les deux autres verres K & L ſont pour une lunette à quatre verres, dont nous parlerons bientôt.

Soit un objet AB, placé à une aſſez grande diſtance de la lunette, par exemple à un quart de lieue ou à une lieue ou plus loin encore. La lunette à deux verres C D *o* étant dirigée vers l'objet AB, cet objet ſera vu renverſé par un œil placé en *o*.

I°. Le point A darde ſur l'objectif C, une touffe de rayons un peu divergents *m* A *n :* de même, le point B darde ſur le même objectif une touffe de rayons un peu divergents *m* B *n :* ces deux touffes ſe croiſent en R, avant d'arriver à l'objectif C.

II°. Quoique les rayons A *m* & A *n*, qui partent du point A, ſoient réellement divergents, ils ſont cependant ſenſiblement paralleles : parce que dans le triangle *m* A *n*, dont la baſe n'eſt au plus que d'environ un demi-pouce ; cette baſe *m n* eſt comme nulle en comparaiſon des côtés *m* A, *n* A, qui ſont d'un quart de lieue ou d'une lieue ou plus grands encore. Delà que doit-il réſulter, ſelon les loix de la dioptrique ?

D'abord les rayons A *m* & A *n*, qui arrivent paralleles ou très-peu divergents ſur la loupe ou l'objectif C, ſe réfractent, deviennent convergents (1007), & vont coïncider au foyer de cette loupe au point *a*, où ils tracent l'image du point *a*. La même choſe arrive aux rayons très-peu divergents B *m* & B *n*, qui vont coïncider en *b*, où ils tracent l'image du point B qui les darde ou les répercute. Ces deux touffes de rayons réfractés ſe croiſent en R, ſans ſe troubler dans leurs fonctions. (901.)

Enſuite, les rayons convergents *n a* & *m a* deviennent divergents au point *a*. La même choſe arrive aux rayons convergents *n b* & *m b*, qui commencent à diverger au point *b*.

III°. Si au point D on place une lentille qui ait ſon foyer en F *b a*, les rayons divergents *a r*, *b s*, s'y réfracteront ; en ſortiront paralleles ou très-peu divergents *r o* & *s o* (1010) ; ſe rapprocheront de l'axe de la lentille, ce qui les fera croiſer en *o*.

Si donc au point *o* ſe trouve placé un œil ; le point A de l'objet ſera vu dans la direction *o r*, par le moyen du cône lumineux A C *a r o*, qui arrive un peu divergent dans l'œil *o*, & va coïncider moins loin que l'objet A. De même, le

point B de l'objet ſera vu par le moyen du cône lumineux B C *b s o*, qui arrivant un peu divergent dans l'œil placé en *o*, va coïncider moins loin que l'objet B.

Cet objet AB ſera vu renverſé; parce que les rayons qui partent de la partie ſupérieure de l'objet, ſe rendent dans la partie ſupérieure de la rétine : ce qui eſt le contraire de ce qui arriveroit, ſi on voyoit le même objet à la vue ſimple & ſans lunettes d'approche. (913.)

IV°. Par ce méchaniſme, l'objet AB ſera vu & plus éclairé & plus grand & plus près, qu'à la vue ſimple. Il paroîtra *plus grand :* parce qu'il ſera vu ſous un plus grand angle optique *r o s*. Il paroîtra *plus éclairé* : parce que tous ou preſque tous les rayons qui arrivent ſur l'objectif C, rapprochés par les réfractions, ſe portent & font leur impreſſion dans l'œil *o*. Il paroîtra *plus près :* parce qu'il ſera vu & plus éclairé & ſous un plus grand angle optique (927); & que les cônes lumineux *r o* & *s o* iront coïncider moins loin, que s'ils venoient directement & ſans réfraction, de l'objet A B; comme le cône lumineux OM coïncide moins loin, que s'il partoit immédiatement de l'objet B.

Les lunettes à deux verres ſont les plus claires : parce que la même quantité de lumiere s'affoiblit d'autant moins, qu'elle paſſe par moins de lentilles. Ces lunettes ſont excellentes pour examiner les corps céleſtes, où il y a peu d'inconvénient à voir les objets dans une ſituation renverſée. Mais pour les objets terreſtres, on aime mieux les voir avec un peu moins de clarté, & leur conſerver leur ſituation naturelle : c'eſt ce qui fait préférer les lunettes à

quatre verres, dont nous allons parler.

1028. DESCRIPTION II. Les *lunettes d'approche à quatre verres* ne différent de celles que nous venons de décrire, qu'en ce qu'elles ont deux lentilles de plus ; & que l'œil se trouve placé en O, au lieu d'être placé en *o*. Ainsi, que l'objet AB, l'objectif C, & la premiere lentille D, restent, comme nous venons de l'expliquer : l'image *b a* sera renversée dans l'œil placé en *o*. Il s'agit donc de renverser une seconde fois cette image *b a*, avant qu'elle se porte dans l'œil ; & c'est ce que l'on fait par le moyen des deux lentilles K & L. (*fig.* 96.)

I°. Que la lentille K reçoive le cylindre lumineux *r o v*, composé de rayons sensiblement paralleles : ce cylindre lumineux, parti des points A & *a*, ira coïncider en *a*, après la réfraction qui rapproche tous ses rayons, de l'axe de la lentille réfractante (1007). De même, le cylindre lumineux *s o t*, parti des points B & *b*, ira coïncider en *b*, après sa réfraction. On aura donc entre les deux lentilles K & L, une nouvelle image de l'objet AB, laquelle aura la même situation que l'objet : il s'agit de conduire cette image dans l'œil O.

II°. En L soit placée une troisieme lentille qui ait son foyer en *a b f* : les rayons divergents *a z*, *b x*, s'y réfracteront ; en sortiront paralleles ou très-peu divergents *z* O, *x* O (1010) ; se rapprocheront de l'axe de la lentille ; ce qui les fera croiser en O. Un œil placé en O, verra l'objet AB, à peu près comme nous avons dit qu'il le voyoit du point *o* dans la lunette à deux verres ; avec cette différence, que l'objet sera vu dans sa situation naturelle, sans être renversé

comme dans la lunette à deux verres : parce que les rayons qui partent de la partie ſupérieure de l'objet, ſe rendent dans la partie inférieure de la rétine : comme il arrive naturellement, quand on voit un objet à la vue ſimple.

III°. Les trois lentilles D, K, L, doivent être renfermées & fixées dans un tuyau à part, qu'on puiſſe approcher ou éloigner de l'objectif C. La raiſon en eſt, que les rayons que darde chaque point éclairé d'un objet ſur l'objectif C, n'ont point toujours & par-tout un égal degré de divergence. Plus l'objet eſt éloigné, plus la divergence eſt petite; & réciproquement, moins l'objet eſt éloigné, plus eſt grande la divergence des rayons que reçoit l'objectif. Les rayons divergents AC, réfractés par l'objectif, ne coïncident donc pas toujours préciſément dans un même point *a*; mais tantôt un peu plus près, quand l'objet A eſt fort éloigné; & tantôt un peu plus loin, quand l'objet A, beaucoup moins éloigné, darde ſur l'objectif des rayons plus divergents. Il faut donc que la lentille D, dont le foyer doit répondre préciſément aux points *b* F *a*, où coïncident les rayons réfractés par l'objectif C, puiſſe s'approcher ou s'éloigner de l'objectif, pour atteindre toujours avec préciſion les points variables où ſe forme tantôt plus près & tantôt plus loin la premiere image *b* F *a*, ſelon que l'objet AB, vers lequel eſt dirigée la lunette, eſt plus ou moins éloigné.

La différente conformation des yeux peut exiger plus ou moins de divergence dans les rayons ζ O, *x* O, qu'ils reçoivent & qu'ils réfractent; comme nous l'expliquerons ailleurs : la mobilité des trois lentilles procure aux différents

yeux, le degré convenable de divergence que doivent avoir les rayons qui viennent les affecter. Car ſi la lentille D s'approche de l'image *b* F *a*, elle rend plus convergents les rayons *s o* ou *r o* qu'elle réfracte (1010); & ſi cette même lentille D s'éloigne de l'image *b* F *a*, elle rend moins convergents les rayons *s o* & *r o*, après leur réfraction.

IV°. Par ce moyen, l'œil O voit le point B de l'objet au point M, où coïncideroit le cône lumineux *x* O. On peut dire la même choſe de tout autre point de l'objet AB, qui paroîtra par là & plus grand & plus éclairé & moins éloigné, que dans ſa ſituation naturelle.

1029. REMARQUE I. Les lunettes d'approche n'ont pas toutes un même champ; ne préſentent pas toutes avec la même clarté & ſous la même grandeur, les mêmes objets. (*fig.* 96.)

I°. On nomme *champ* dans une lunette, l'eſpace plus ou moins grand que l'œil placé auprès de l'oculaire en *o* ou en O, découvre & embraſſe hors du tube. Si l'œil, placé en *o* ou en O, voit tout l'objet AB, ſans découvrir une étendue plus grande que celle de l'objet AB; l'eſpace AB ſera le champ de la lunette.

Les premieres lunettes qu'on ait faites, étoient compoſées d'un objectif convexe, & d'un oculaire concave, qui placé en *d d*, rendoit ſenſiblement paralleles les rayons convergents C *b* & C *a*; & les conduiſoit paralleles ou très-peu divergents dans l'œil: mais on les a abandonnées; parce qu'elles donnoient un champ trop petit.

II°. La clarté de l'objet, toutes choſes étant égales d'ailleurs, dépend de la grandeur de l'objectif C. Il eſt clair que plus cet objectif eſt

grand, plus eſt grande la quantité des rayons qu'il reçoit des points A & B de l'objet; & qui, conduits dans l'œil, y tracent d'autant plus vivement l'image du point qui les darde, qu'ils y arrivent en plus grande quantité.

On ne laiſſe cependant pas aux objectifs, toute la grandeur qu'ils peuvent avoir : parce que la lumiere qui paſſe trop près des bords, s'y réfracte moins régulierement que vers le milieu; s'y décompoſe comme dans un priſme; & envoie dans l'œil, des images colorées qui troublent la clarté de la viſion.

III°. La grandeur apparente des objets, vus par le moyen des téleſcopes de réfraction, dépend du rapport plus ou moins grand qu'a le foyer de l'objectif avec le foyer de l'oculaire. Plus le foyer de l'objectif eſt éloigné, & le foyer de l'oculaire près; plus la lunette groſſit l'objet. On peut prendre ceci pour regle, en ne faiſant attention qu'au diametre de l'objet : la grandeur apparente par le téleſcope, eſt à la grandeur apparente à la ſimple vue; comme la diſtance de l'objectif à ſon foyer, eſt à la diſtance de l'oculaire à ſon foyer. Suppoſons que l'objectif ait ſon foyer à une diſtance trente fois plus grande, que l'oculaire : le diametre de l'objet, vu par le moyen de la lunette, paroîtra trente fois plus grand, qu'à la vue ſimple. La ſurface viſible du même objet paroîtra par conſéquent 900 fois plus grande, qu'elle ne paroîtra à la vue ſimple; puiſque les ſurfaces ſemblables ſont entre elles comme les quarrés de leurs diametres. (*Math.* 496.)

On voit par là que les lunettes peuvent groſſir tant qu'on veut, les objets. Mais comme elles

elles ne donnent plus de grandeur, qu'en donnant moins de clarté; il faut conſerver un rapport convenable entre la grandeur de l'objectif & la grandeur de l'oculaire.

La longueur d'une lunette d'approche s'eſtime par l'éloignement du foyer de l'objectif. Ainſi une lunette dont l'objectif C a ſon foyer en *b a*, à ſix pieds de diſtance, eſt une lunette de ſix pieds; & ainſi du reſte.

1030. REMARQUE II. Les lunettes d'approche, ſoit à deux verres, ſoit à quatre verres, ont beſoin d'être fort longues, pour groſſir beaucoup: ce qui les rend fort embarraſſantes. Elles ont encore un autre défaut; c'eſt que les images qu'elles amplifient juſqu'à un certain point, manquent de clarté & de netteté: ſoit qu'on emploie des lentilles ſphériques; ſoit qu'on ſe ſerve de lentilles elliptiques ou hyperboliques. L'expérience a même démontré que la figure ſphérique qu'on donne aux lentilles, tout compenſé, eſt préférable à toutes les autres.

La cauſe qui empêche les rayons réfractés de ſe réunir auſſi parfaitement qu'il le faudroit, pour donner aux grandes images le degré de clarté & de netteté qu'on deſireroit, c'eſt la *différente réfrangibilité* des rayons, qui fait que les uns ſe réfractent plus & que les autres ſe réfractent moins dans le même verre, quelle que ſoit ſa figure; comme l'obſerva & le démontra Newton.

Le deſir de parer à ces deux inconvénients, à la longueur & au peu de clarté des lunettes qui doivent groſſir conſidérablement les objets, fit imaginer les téleſcopes de réflexion, dont l'invention eſt due à Newton & à Gregory d'Aber-

déen. Comme le téleſcope de Gregory eſt le plus commode & le plus en uſage, c'eſt celui que nous allons décrire & expliquer.

TÉLESCOPES DE RÉFLEXION.

1031. EXPÉRIENCE. Soit un miroir concave MRN, dont le foyer des rayons ſenſiblement paralleles ſoit en *b a*, & dont l'axe RS ſoit dirigé vers un objet fort éloigné AB. (*fig.* 92.)

D'abord la touffe de rayons ſenſiblement paralleles *m* A *n*, qui part du point A, eſt réfléchie & coïncide au-deſſous de l'axe en *a;* où après avoir tracé l'image du point ſupérieur A, elle devient divergente.

Enſuite l'autre touffe de rayons ſenſiblement paralleles *v* B *x* qui part du point B, eſt réfléchie & coïncide au-deſſus de l'axe en *b;* où après avoir tracé l'image du point inférieur B, elle devient divergente. Ces deux touffes ſe croiſent en D, ſans ſe troubler dans leurs fonctions (901), avant d'arriver ſur le miroir concave qui les réfléchit. Ces deux touffes ſont compoſées de rayons très-peu divergents ou ſenſiblement paralleles; comme nous l'avons expliqué en parlant des lunettes d'approche (1027. II°.) : les rayons de chaque touffe vont donc coïncider, après leur réflexion, à peu près au foyer des rayons paralleles en *b a*.

Enfin ſi en *r r* étoit un autre miroir concave, propre à réfléchir ces deux touffes au point R; un œil placé en R recevroit toute la lumiere qui tombe ſur le miroir MN, & verroit l'objet AB par le moyen d'une lumiere très-condenſée. Telle eſt en gros la marche des rayons dans un téleſcope

de réflexion: nous allons la ſuivre & la développer plus en détail dans la deſcription de cet inſtrument. (*fig.* 90 & 91.)

1032. DESCRIPTION. Au fond d'un large tuyau cylindrique DDDD, eſt un grand miroir concave de métal GH, percé au milieu. Vers l'autre bout du tuyau, eſt un petit miroir de métal IK, plus concave que le premier, & porté ſur une petite tige mobile KD, qui peut avancer ou reculer dans une couliſſe D. Les deux miroirs ſont placés parallélement; & le petit miroir IK n'eſt qu'un peu plus grand que le trou L *l* du grand miroir GH. A ce trou du grand miroir, répond un petit tuyau dans lequel ſe trouvent deux petits verres, l'un plan convexe L *l*, l'autre convexe des deux côtés M *m*: ce tuyau eſt terminé du côté de l'œil par un très-petit trou rond O. Voici la marche des rayons dans cet inſtrument, qui appartient en partie à la catoptrique & en partie à la dioptrique.

I°. L'objet AB étant ſuppoſé à une très-grande diſtance, les rayons que chaque point de cet objet darde ſur toute la ſurface du miroir concave GH, ſont très-peu divergents, & vont coïncider non loin du foyer des rayons paralleles en *b a*, où ils tracent l'image de l'objet AB; comme nous venons de l'expliquer. (1031.)

Suppoſons que la touffe A G *a* repréſente tous les rayons partis du point A de l'objet; & que la touffe B H *b* repréſente tous les rayons partis du point B de l'objet: ces deux touffes deviendront divergentes, après avoir coïncidé ſur l'axe ou auprès de l'axe en *a b*; & continueront à ſe mouvoir au-delà du foyer, dans les directions divergentes *a* I, *b* K.

II°. Au-delà de l'image & des points de divergence *b a*, ſoit un petit miroir concave IK, qui ait ſon foyer en *n* un peu au-delà de l'image & des points de divergence *b a*. Si ce miroir IK avoit ſon foyer préciſément en *a b*, il réfléchiroit paralleles les rayons divergents *a* I, *b* K: mais comme le point de divergence de ces rayons eſt plus loin que le foyer du miroir IK; ces rayons *a* I *c*, *b* K *d*, ſont réfléchis un peu convergents. (964, III°.)

III°. La touffe de rayons convergents I *c*, partie du point *a* & réfléchie par le petit miroir, iroit coïncider & tracer image hors du téleſcope, bien au-delà du point O; ſi elle ne ſouffroit aucune réfraction dans le tuyau qui termine le téleſcope du côté de l'œil: la même choſe arriveroit auſſi à l'autre touffe de rayons convergents K *d*. Mais pour rendre l'inſtrument plus court, on reçoit ces touffes de rayons convergents I *c*, K *d*, à l'entrée du tuyau adapté à l'ouverture du grand miroir GH, ſur un verre convexe d'un côté & plan de l'autre, lequel augmente la convergence des rayons (1009), & les fait coïncider en *c d*: là, après avoir tracé l'image, ils deviennent divergents, & vont ſe rendre dans la lentille M *m*, laquelle les réfracte, & les conduit paralleles ou très-peu divergents dans l'œil placé en O.

Par ce moyen l'œil O voit l'objet AB à l'extrêmité des cônes lumineux O *n* & O *p*; à peu près comme nous avons dit qu'il voyoit l'objet par le moyen de la lunette d'approche à deux ou à quatre verres. (1028.)

La lumiere qui tombe ſur la ſurface entiere du grand miroir GH, eſt réfléchie dans le petit

miroir I K, d'où elle eſt répercutée & conduite dans l'œil en O. L'œil reçoit donc de chaque point de l'objet, par le moyen du téleſcope, une quantité de lumiere, qui eſt à celle qu'il recevroit en regardant l'objet avec la vue ſimple, à peu près comme la ſurface du grand miroir GH, eſt à la ſurface du petit cercle qui forme l'œil devant la prunelle : delà la grande lumiere ou la grande clarté que donnent les grands téleſcopes, quand leurs deux miroirs ſont aſſez parfaits pour bien réfléchir la lumiere que dardent ou répercutent les objets.

IV°. Comme les rayons qui partent de chaque point des objets terreſtres, pour ſe rendre en cône ſur la ſurface du grand miroir, ſont toujours un peu divergents, & d'autant plus divergents que l'objet eſt moins éloigné ; le miroir GH, en réfléchiſſant les rayons qui tombent ſur ſa ſurface, ne les fait pas toujours coïncider à la même diſtance *a b*, mais tantôt un peu plus près & tantôt un peu plus loin : ſelon que l'objet d'où ils partent, eſt plus ou moins éloigné. C'eſt pour cela qu'il faut que le petit miroir I K ſoit mobile, pour qu'il puiſſe tantôt s'approcher & tantôt s'éloigner de l'image mobile *a b*. Quand l'objet que l'on obſerve avec le téleſcope, eſt fort éloigné ; l'image *a b* eſt plus près du grand miroir : il faut que le petit miroir s'approche du grand. Quand l'objet eſt beaucoup moins éloigné, l'image *a b* eſt plus loin du grand miroir : il faut que le petit miroir s'éloigne du grand, pour réfléchir les rayons *a* I, *b* K, avec une convergence convenable en *c d*.

V°. Un objet, vu par le moyen d'un téleſcope de réflexion, paroît & plus grand & plus

éclairé & plus près, qu'on ne le verroit à la vue ſimple ; pour les mêmes raiſons que nous avons développées, en parlant des téleſcopes de réfraction. (1007, IV°.)

On ne donne maintenant le nom de *téleſcope*, qu'aux téleſcopes de réflexion : le nom de *lunettes d'approche* eſt affecté aux téleſcopes de réfraction.

CHAMBRE OBSCURE.

1033. DESCRIPTION. Soit CHG une chambre bien fermée, qui n'ait qu'une petite ouverture en D, d'environ un pouce ou un demi-pouce de diametre (*fig.* 98) : l'objet AB vivement éclairé par la lumiere du jour, ira ſe deſſiner comme une ombre ſur le mur oppoſé RS, par le moyen des rayons très-peu divergents A D *a*, B D *b*.

EXPLICATION. I°. Cette image eſt renverſée : parce que les rayons réfléchis par la partie ſupérieure de l'objet, vont deſſiner la partie inférieure de l'image ; & que les rayons partis de la partie inférieure de l'objet, deſſinent la partie ſupérieure de l'image. (*fig.* 98.)

II°. Cette image ſe montre communément comme une ombre dans un petit champ de lumiere, ſur-tout ſi le ſoleil eſt du côté de l'objet AB : parce que les rayons réfléchis par l'objet, ſont plus foibles que les rayons directs qui arrivent auſſi ſur le mur RS.

III°. Cette image diſparoît, quand l'ouverture D devient trop grande ; parce qu'alors des rayons étrangers & collatéraux viennent éclairer la partie de l'eſpace ombré, & font évanouir l'ombre qui y formoit image.

IV°. Cette image eſt peu nette ou un peu confuſe : parce que les rayons un peu divergents A *a* & B *b* qui la forment, ne coïncident pas aſſez ſenſiblement ſur un même point.

V°. Cette image devient plus nette & plus diſtincte, par le moyen d'un verre convexe placé en D, & dont le foyer eſt en *ba* : parce que ce verre rend convergentes & fait coïncider en un point précis, chaque touffe AD, BD de rayons.

1034. REMARQUE. Il eſt facile d'après cette théorie, de rendre raiſon de tout ce qui concerne & la *chambre obſcure artificielle*, & les différents *polémoſcopes*, inſtruments par le moyen deſquels on peut voir ſans être vu. On fait des *chambres obſcures portatives*, de différentes manieres : en voici l'artifice général. (*fig.* 99.)

I°. Soit RSTX, une caiſſe bien fermée; MN, un miroir plan incliné à l'horiſon ; V, une loupe mobile de verre, dont le foyer ſoit au fond de la caiſſe à peu près en *a b* ; AB, un objet placé hors de la caiſſe à une certaine diſtance devant le miroir MN.

Les rayons divergents AM, partis du point A de l'objet, ſont réfléchis par le miroir plan avec la même divergence dans la loupe V, qui les rend convergents & les fait coïncider en *a*, où ils tracent l'image du point A. De même, les rayons divergents BN, qui partent du point B de l'objet, ſont réfléchis avec la même divergence par le miroir plan dans la loupe V, qui les rend convergents & les fait coïncider en *b*, où ils tracent l'image du point B. Un œil placé en X, où la caiſſe aura une petite ouverture, verra l'objet AB en *a b*.

II°. Si en AB étoit un camp ennemi, & en RS un rempart; un miroir MN, placé au haut du rempart, feroit voir en *a b*, par le même méchaniſme, toutes les opérations & tous les mouvements du camp.

III°. La chambre obſcure eſt utile pour deſſiner avec la plus grande préciſion, un payſage, une campagne; dont les objets notables viendront ſe peindre d'après nature & avec des rapports de grandeurs & de lumiere convenables à leur éloignement, ſur un carton poſé ſur une table dans la caiſſe RSTX, où ſera enfermé le deſſinateur.

IV°. On peut donner à l'image horiſontale *a b* telle autre poſition qu'on voudra, par le moyen d'un miroir plan *m n*; qui réfléchiſſant les rayons M*a* & N*b*, les détournera en RS, par exemple, où ils iront tracer leur même image *a b* dans une ſituation perpendiculaire ou inclinée à l'horiſon.

LA LANTERNE MAGIQUE.

1035. DESCRIPTION. La *lanterne magique*, dont l'invention eſt due au célebre Pere Kirker, eſt une machine qui fait paroître en grand, ſur un carton ou ſur un mur blancs, des figures peintes en petit ſur des morceaux de verre mince & avec des couleurs bien tranſparentes. Voici le méchaniſme de cette curieuſe machine, où la grave ignorance ne voit rien que de trivial ou de puérile, & où le phyſicien éclairé voit tous les ſecrets & tous les reſſorts de la dioptrique mis en jeu. (*fig.* 97.)

Dans une grande caiſſe LKSR, qui n'a que deux ouvertures, l'une en F, pour donner paſ-

ſage à la fumée d'une lampe, & l'autre en OO, pour donner paſſage aux rayons réfractés dans pluſieurs loupes de verre; D eſt la flamme d'une groſſe lampe: RS eſt un miroir concave de métal, dont le foyer eſt en *m*: MN eſt une aſſez grande loupe de verre, dont le foyer eſt en *n*: *b a* eſt le porte-objets, c'eſt-à-dire, un verre plan très-mince, où ſont deſſinées en petit les figures qu'on veut repréſenter hors de la caiſſe ſur un mur oppoſé: GH eſt une ſeconde loupe ou lentille, dont le foyer eſt à peu près en *a b*: LK eſt une troiſieme loupe ou lentille, dont le foyer eſt à peu près en *x*: autour de l'eſpace *x* eſt un carton percé circulairement au milieu, lequel ne laiſſe paſſer que les rayons qui ont ſouffert une réfraction aſſez uniforme dans la loupe GH. Les deux loupes ou lentilles LK & GH ſont mobiles: elles peuvent s'approcher ou s'éloigner l'une de l'autre, pour rendre plus ou moins convergents les rayons LA & KB, qui vont coïncider & former image ſur le mur AB plus ou moins éloigné.

EXPLICATION. I°. Pendant que la lampe D, placée entre le foyer *m* du miroir de métal RS, & le foyer *n* de la loupe MN, darde une lumiere très-vive & très-denſe; la loupe MN reçoit & les rayons directs qui viennent de la flamme D, & les rayons réfléchis qui viennent du miroir concave RS. D'abord les rayons directs DM & DN, qui divergent d'un peu plus loin que le foyer *n* de la lentille MN, ſont réfractés un peu convergents MG & NH (1010). Enſuite les rayons directs DR & DS, qui vont ſe rendre ſur le miroir de réflexion, & qui divergent d'un peu plus loin que le foyer *m* de ce miroir, ſont réfléchis

un peu convergents RM & SM (964, III°.) ſur la loupe MN, laquelle les réfracte & les rend encore plus convergents M*g* & N *h*. (1009.)

II°. Le porte-objets tranſparent *b a*, fortement illuminé, & par la lumiere directe que darde la lampe, & par la lumiere réfléchie que renvoie le miroir concave, laiſſe paſſer par tous les points de ſa ſurface des faiſceaux des rayons divergents G *b g*, H *a h*, qui prennent l'empreinte & l'image des points où ils s'infiltrent : ainſi qu'on voit une même touffe de rayons ſolaires, ſortir rouge d'un verre rouge; violette, d'un verre violet; jaune, d'un verre jaune.

III°. Comme la loupe ou lentille GH a ſon foyer en *a b*, les rayons G *b g* qui divergent de ce foyer, s'y réfractent & en ſortent paralleles GK (1010). De même les rayons divergents H *a h* ſe réfractent dans la loupe HG, & en ſortent paralleles HL.

IV°. La loupe ou lentille LK reçoit les rayons paralleles HL; les réfracte & les rend convergents LA : elle reçoit & réfracte de même les rayons paralleles GK, qu'elle rend convergents KB (1007). En ſuppoſant que le mur AB, où coïncident les rayons réfractés, n'ait abſolument aucune lumiere que celle qui lui vient de la lampe D; on verra ſur ce mur deſſinés en grand, tous les objets qui ſont deſſinés en petit ſur le verre plan *b a*. Si ces objets ſont peints renverſés ſur le porte-objets, ils ſeront repréſentés dans leur ſituation naturelle ſur le mur ou ſur le carton AB.

Pour rendre plus piquantes ces repréſentations, on leur donne des mouvements qui ſemblent les animer : ce qui ſe fait par le moyen de

pluſieurs verres peints, ajuſtés enſemble en *b a*. Sur l'un de ces verres, fixe & immobile, eſt peinte la partie de la figure qui ne doit avoir aucun mouvement : ſur les autres, ſuſceptibles de divers mouvements qu'on leur imprime à volonté, ſont peintes les parties de la même figure qu'on veut repréſenter en action ſur le mur AB.

V°. On peut produire les mêmes effets, & d'une maniere bien plus brillante, par le moyen d'un gros rayon ſolaire, qu'on fait tomber par le volet percé d'une fenêtre ſur le verre peint *b a*, dans une chambre d'ailleurs bien fermée & bien obſcure. Dans ce cas, pour diſtribuer également la lumiere ſolaire, il faut mettre un papier enduit d'huile de térébenthine en place du verre convexe MN, lequel doit être ſupprimé, auſſi bien que la lampe D, & le miroir de métal RS.

Les rayons ſolaires, ſenſiblement paralleles, ſe réfractent, ſe diviſent, s'infléchiſſent en différents ſens, en paſſant par le papier huilé MN, s'infiltrent & ſe modifient dans le porte-objets tranſparent *a b*, d'où ils ſortent divergents *G b g*, H *a h*, à peu près comme s'ils partoient de la lampe D & du miroir de métal RS. La lumiere d'un gros rayon ſolaire étant incomparablement plus pure, plus vive, plus denſe, que celle que donne la lampe D; les images qui en réſultent en A B, ont incomparablement plus d'éclat & de vivacité, que ſi elles étoient produites par la lumiere de la lampe.

PARAGRAPHE SIXIEME.

L'ORGANE DE LA VUE.

1036. OBSERVATION. L'œil, ce globe admirable, où ſe peint d'une maniere ineffable la nature viſible, eſt un vrai *téleſcope de réfraction*; téleſcope où ſe déploie toute la ſagacité de l'Artiſte ſuprême qui le forma. Ce globe, ce téleſcope, cet organe de la vue, eſt principalement compoſé de *tuniques*, pour l'envelopper; d'*humeurs*, pour le rendre propre à réfracter convenablement la lumiere; de *nerfs*, pour le fléchir, pour l'alonger, pour le raccourcir, pour lui imprimer tous les mouvements néceſſaires à ſes fonctions.

137. DESCRIPTION I. Les principales *tuniques* de l'œil ſont la cornée, la choroïde, la rétine. (*fig.* 89.)

I°. La *cornée* eſt l'enveloppe la plus extérieure de l'œil, qu'elle embraſſe dans tout ſon contour. Elle eſt ſphérique & opaque; à l'exception de la partie antérieure de l'œil, où elle eſt tranſparente & ſaillante en dehors DPD. Selon M. Petit, médecin & anatomiſte habile, la cornée tranſparente eſt dans l'adulte un ſegment de ſphere, dont le diametre eſt d'environ ſept lignes; dont la corde eſt d'environ cinq lignes; & dont l'épaiſſeur eſt d'environ deux ou trois douziemes de ligne.

II°. La *choroïde* eſt la ſeconde tunique de l'œil, qu'elle embraſſe auſſi dans tout ſon contour : blanchâtre dans le fœtus, elle eſt d'un brun rouge dans l'adulte. La choroïde, opaque

par sa nature, est percée au milieu d'une petite ouverture circulaire *v v*, qu'on nomme *prunelle*, & qui sert à donner passage à la lumiere dans le fond de l'œil. La partie de la choroïde qui borde cette petite ouverture *v v*, & qui se montre variée de différentes couleurs sous la cornée transparente, se nomme l'*iris*. La choroïde se resserre & s'étend, selon le besoin, pour augmenter ou pour diminuer le diametre de la prunelle, & pour recevoir un plus ou moins grand volume de rayons APC *a*.

III°. La *rétine* est la troisieme & derniere tunique de l'œil qu'elle enveloppe dans toute sa partie interne *r s* C. L'espace à peu près sphérique *r s* C, enveloppé par la rétine, est un espace vuide. La rétine est transparente sous la prunelle : elle se montre noirâtre & hérissée d'une infinité de petits nerfs dans le fond de l'œil *r a s*.

1038. DESCRIPTION II. Les principales *humeurs* de l'œil, celles qui contribuent à la réfraction convenable des rayons AP, sont l'humeur aqueuse, l'humeur cryſtalline, l'humeur vitrée. (*fig.* 89.)

I°. L'*humeur aqueuse* est une humeur claire, séreuse, limpide, assez semblable à une eau pure. Elle est placée entre la cornée & la choroïde, & renfermée entre deux membranes subtiles & transparentes. Sa figure est en menisque (1019), convexe d'un côté & concave de l'autre, comme les verres qui couvrent les montres.

II°. L'*humeur cryſtalline*, ou simplement le *cryſtallin*, est une espece de lentille solide C, d'environ quatre lignes de largeur, convexe

des deux côtés, placée ſous l'humeur aqueuſe & ſous la prunelle. Le cryſtallin n'eſt point abſolument néceſſaire pour la viſion : puiſqu'il y a des perſonnes à qui on enleve totalement le cryſtallin dans l'opération de la cataracte, & qui voient très-bien après cette opération.

III°. L'*humeur vitrée* eſt un corps fort tranſparent, plus viſqueux que l'humeur aqueuſe, moins ſolide que l'humeur cryſtalline, un peu concave dans ſa partie antérieure, où le cryſtallin eſt logé comme un diamant dans ſon chaton, aſſez convexe dans ſa partie poſtérieure qui regarde le fond de l'œil. On remarque autour de ce corps, un arc de fibres muſculaires, qui par leur contraction & par leur expanſion, peuvent ou l'éloigner ou l'approcher & de la prunelle & de la rétine.

1039. DESCRIPTION III. Les nerfs ſont des cordons blanchâtres de différentes groſſeurs, ſuſceptibles de contraction & d'expanſion, principes du mouvement, organes ou ſiéges du ſentiment. (*Mét.* 547.)

I°. L'œil a ſes *nerfs*, *principes du mouvement ;* par le moyen deſquels il ſe meut de bas en haut, de haut en bas, de droite à gauche, de gauche à droite ; par le moyen deſquels il augmente ou diminue la largeur de ſa prunelle, il rend plus ou moins convexe ſa cornée ; il avance ou recule les membranes où ſont logées ſes différentes humeurs optiques, & principalement le cryſtallin.

II°. L'œil a ſes *nerfs*, *organes du ſentiment.* Le principal, le ſeul qui mérite une attention à part, c'eſt le nerf optique, où s'opere la viſion. Le *nerfs optique* O *r s* part du cerveau, diviſé en

une foule de ramifications ; & va s'épanouir dans le fond de l'œil en une infinité de petits cordons, que le microſcope repréſente comme les poils d'un velours. Ce velouté réſide dans la rétine, ſelon l'opinion la plus générale : il réſide dans la choroïde, placée ſous la rétine tranſparente & ſans couleur, ſelon l'opinion de M. le Cat ; opinion rejettée & fortement combattue par M. Haller & par pluſieurs autres anatomiſtes célebres.

ARTIFICE DE LA VISION.

1040. OBSERVATION. Pour que la viſion ait lieu, il faut que les rayons dardés ou réfléchis par les objets ſenſibles, tracent, par leur coïncidence, une image nette & diſtincte de ces objets dans le fond de l'œil, ſur le nerf optique : ſoit que ce nerf optique réſide dans la rétine ; ſoit qu'il réſide dans la choroïde contiguë à la rétine. Par exemple (*fig.* 89), le cône lumineux AP, compoſé de rayons divergents, n'iroit jamais coïncider & former image dans le fond de l'œil au point *a* ; ſi ces rayons divergents n'eſſuyoient pas dans l'œil, des réfractions propres à leur donner un point commun de réunion & de concours. La nature & la configuration de l'œil, leur procure cette condition eſſentielle à la viſion ; comme nous allons l'expliquer.

I°. La cornée & l'humeur aqueuſe ſont pour la lumiere, des milieux plus facilement pénétrables que l'air : les rayons AP, qui paſſent obliquement de l'air dans ces milieux, s'approchent donc de leur perpendiculaire (988) ; laquelle, dans un milieu convexe, eſt une ligne droite menée du point d'incidence au centre de courbure (1004).

Ces rayons divergents AP essuient donc d'abord en entrant dans l'œil, une premiere réfraction qui les rapproche les uns des autres, & les conduit plus condensés dans la prunelle.

II°. Le cryſtallin C eſt pour la lumiere un milieu encore plus facilement pénétrable que l'humeur aqueuſe; comme le verre eſt pour elle un milieu plus facile & moins réſiſtant que l'eau (988): ce cryſtallin, dont la configuration eſt lenticulaire, fait donc encore la fonction d'une lentille, qui réfractant fortement les rayons APC, les rapproche conſidérablement les uns des autres (1006), & les feroit coïncider en N, avant d'arriver ſur le fond de l'œil.

III°. L'humeur vitrée, placée ſous le cryſtallin, eſt pour la lumiere un milieu moins denſe & moins facilement pénétrable que le cryſtallin: les rayons APC eſſuient donc dans ce nouveau milieu, une nouvelle réfraction qui les rend moins convergents & qui les écarte aſſez pour les faire coïncider préciſément en *a* ſur le fond de l'œil. C'eſt par cet admirable méchaniſme, que l'objet A eſt peint dans le fond de l'œil, où l'ame apperçoit l'image de cet objet, à l'occaſion de l'ébranlement produit par cette touffe de rayons coïncidents ſur les fibres infiniment délicates & ſenſibles du nerf optique, leſquelles ne ſont autre choſe que le velouté qu'on obſerve au fond de l'œil.

IV°. De même (*fig.* 31), de chaque point de l'objet ADB, partent des faiſceaux de rayons divergents (892), que l'œil réfracte, rend convergents, & fait coïncider ſur différents points diſtincts, au fond de l'œil. Le point A va ſe peindre en *a*, par le rayon réfracté A R *a*: le point

point D va se peindre en *d*, par le rayon réfracté D R *d :* le point B va se peindre en *b*, par le rayon réfracté B R *b*. On peut dire la même chose de chaque point sensible de l'objet, qui va se peindre sur un point à part de la rétine, par le moyen du cône lumineux qu'il réfléchit sur l'œil, & que l'œil réfracte & fait coïncider en un point ; ainsi qu'une loupe ou lentille : & par là, tout l'objet visible a son image nette & distincte au fond de l'œil, où l'ame l'apperçoit à l'occasion de l'ébranlement sensible prodit par les rayons qui la tracent.

V°. On conçoit par là, comment une foule d'objets sont vus à la fois sans confusion. La raison en est, que chaque objet, placé hors de l'œil en différents points de l'espace, trace nécessairement son image sur différents points de la rétine. Un objet placé en A, ne peut se peindre qu'en *a* : un autre objet placé en B, ne peut se peindre qu'en *b :* cent objets intermédiaires ne peuvent se peindre que sur tout autant de points intermédiaires de la rétine, avec des distances dans la rétine proportionnées aux angles sous lesquels les rayons par eux dardés ou répercutés viennent se réfracter dans l'œil.

Quand ces objets, à raison de leur petitesse ou de leur éloignement ou de leur défaut de clarté suffisante, font une impression trop foible ou tracent une image trop petite dans l'œil (921) ; alors ils cessent ou ils manquent d'être visibles : l'ame ne les voit point ; parce qu'ils ne font point sur les fibres de la rétine, une impression assez nette & assez sensible pour exciter l'attention de l'ame.

Vue myope, vue presbyte.

1041. OBSERVATION. Tous les yeux n'ont point préciſément une même grandeur & une même configuration de parties : delà la différence des vues. Les uns ont la cornée plus convexe, les autres plus applatie : delà une inégale inflexion dans les mêmes rayons, leſquels ſe réfractent d'autant plus fortement, que le milieu réfractant eſt plus convexe & plus oblique à leur incidence (990). Le cryſtallin eſt auſſi vraiſemblablement, dans les différents ſujets, comme une lentille plus ou moins grande, plus ou moins convexe, plus ou moins propre à réfracter les rayons & à groſſir les objets : d'où il s'enſuit que les mêmes objets ne doivent point être toujours apperçus avec la même clarté & ſous la même grandeur abſolue, par différentes perſonnes. Dans cette diverſité de vues, nous n'en conſidérerons que trois, celle des myopes ; celle des presbytes ; & celle qui réunit les avantages de ces deux vues oppoſées, ſans en avoir les défauts. (*fig.* 89.)

I°. Les *myopes* voient clairement les objets prochains, & confuſément les objets éloignés. Cela vient de ce que leur œil eſt comme une loupe fort convexe, qui réfracte fortement les rayons. Les rayons qui viennent de chaque point d'un *objet fort prochain* ou fort peu éloigné, ont beaucoup de divergence : l'œil myope, très-convexe dans ſa cornée DPD ou dans ſon cryſtallin C, réfracte fortement les rayons divergents AP ; les fait coïncider préciſément en *a* ſur la rétine ; & la viſion eſt nette &

distincte. Les rayons au contraire qui viennent de chaque point d'un *objet fort éloigné*, ont peu de divergence (914) : l'œil myope, en réfractant fortement les rayons très-peu divergents AP, les fait coïncider en N, d'où ils vont divergents s'éparpiller sur la rétine, sans y produire une impression nette & isolée ; & la vision est foible, confuse, nulle.

Les myopes ont besoin, pour voir les objets trop éloignés de leur œil, d'un verre concave, qui augmentant la divergence des rayons peu divergents AP (1018), avant qu'ils arrivent sur l'œil, les écarte suffisamment pour qu'après leur réfraction ils puissent coïncider précisément sur la rétine en *a*.

II°. Les *presbytes* voient clairement les objets éloignés, & confusément les objets prochains. La raison en est, que leur œil plus applati est comme une loupe peu convexe, qui ne réfracte que fort peu les rayons. Les rayons AP, qui partent de chaque point d'un *objet fort éloigné*, ont très-peu de divergence : l'œil presbyte, en les réfractant foiblement, les fait coïncider précisément en *a* sur la rétine ; & la vision est nette & distincte. Les rayons au contraire qui partent de chaque point d'un objet peu éloigné, ont beaucoup plus de divergence (914) : l'œil presbyte, en réfractant foiblement ces rayons divergents AP, ne les feroit coïncider qu'en M au-delà de la rétine. Ces rayons APM arrivent sur la rétine divisés & éparpillés, & n'y font point une impression commune & réunie : d'où il arrive que la vision, toujours attachée à une impression faite sur un même point de la rétine par les rayons qui partent d'un même point

de l'objet visible, est foible, confuse, nulle.

Les presbytes ont besoin, pour voir les objets fort peu éloignés, d'un verre convexe, qui diminuant la divergence des rayons trop divergents AP avant qu'ils entrent dans l'œil (1010), supplée au défaut de vertu réfractante qui manque à l'œil; donne une convergence à ces rayons AP, & les dispose à aller coïncider préciſément en *a* sur la rétine, après les nouvelles réfractions qu'ils subissent dans les humeurs de l'œil.

III°. Un *œil parfaitement bien conformé* est celui qui voit distinctement de près & de loin; ayant la puissance de se métamorphoser alternativement en œil myope ou alongé, quand il regarde des objets peu éloignés; & en œil presbyte ou applati, quand il fixe des objets très-éloignés.

Cette puissance de s'alonger ou de se raccourcir, réside principalement dans les muscles & dans les fibres ciliaires qui environnent le cryſtallin, & qui vraisemblablement peuvent l'approcher ou l'éloigner de la cornée. Les fibres & les muscles qui aboutissent aux tuniques & aux membranes de l'œil, peuvent aussi probablement donner à cet organe un peu plus ou un peu moins de convexité, selon le besoin; soit en rendant un peu plus convexe & plus alongée la cornée DPD; soit en rendant un peu plus concave & un peu plus réculée la rétine *ras*.

Phénomenes en genre de viſion.

1042. OBSERVATION I. Nous avons deux yeux, où ſe tracent *deux images d'un même objet ;* & cependant nous ne voyons pas cet objet double. Voici ce qu'on a dit de plus raiſonnable & de plus vraiſemblable, pour rendre raiſon de ce phénomene.

I°. Le plus grand nombre des opticiens penſe que la membrane où ſe peint l'objet au fond de l'œil, eſt un tiſſu de fibres qui appartiennent au nerf optique ; & que dans les deux yeux d'un même individu, ces petites fibres ont de part & d'autre, un point commun de réunion ſur le nerf optique O. Cela étant ainſi, quand les deux yeux ſe dirigent vers un même objet, les rayons coïncident dans l'un & dans l'autre œil, ſur des fibres ſemblables & correſpondantes, qui vont affecter le même point du nerf optique : delà réſulte dans ce nerf une unique ſenſation, qui ne fait naître dans l'ame qu'une ſeule & même image ou idée.

Mais ſi on dérange la poſition ou la configuration de l'un des deux yeux, en le preſſant avec le doigt ; *on voit l'objet double :* parce que l'image de cet objet unique ſe forme alors dans l'un & dans l'autre œil, ſur des fibres non correſpondantes, qui n'aboutiſſent pas au même point du nerf optique, & qui occaſionnent un double ébranlement ſur deux différents points de ce nerf. A ce double ébranlement du nerf optique eſt attachée une double ſenſation, qui fait naître dans l'ame une double image ou une double idée.

II°. M. le Cat, & quelques autres anatomiſtes, ne goûtent point cette explication. Cette correſpondance de fibres analogues ſur le nerf optique, leur paroît fabuleuſe, chimérique, inſuffiſante du moins pour rendre raiſon de ce phénomene. Selon ces phyſiciens, les deux images ſemblables d'un même objet dans les deux yeux d'un même individu, n'ont point de réunion, ni par elles-mêmes, ni par les fibres où elles ſont tracées : c'eſt l'ame elle-même qui fait cette réunion par un jugement qui lui vient de l'habitude & de l'expérience. L'ame ſait, diſent-ils, qu'un objet unique eſt celui qui occupe un ſeul & unique lieu proportionné à ſa ſurface ; qu'un objet double eſt celui qui occupe un double eſpace, ou qui eſt dans deux lieux diſtincts. Ainſi quand il lui vient une image dans chaque œil, qui toutes deux ſe rapportent à un même lieu hors de l'œil, qui toutes deux ont les mêmes traits & les mêmes linéaments, & qui ſont préciſément les mêmes dans leur poſition & dans leur forme au ſein de l'œil ; alors c'eſt une même ſenſation venue d'un même endroit : dans ce cas, l'ame juge que cette double image eſt d'un objet unique ; & elle ne ſent & ne voit qu'un ſeul objet, plus vivement & plus fortement par deux images que par une ſeule. Nous ne craindrons point d'avouer que cette derniere explication ſeroit plus de notre goût que la précédente.

1043. OBSERVATION II. Il eſt certain qu'il y a des perſonnes qui liſent les plus petits caracteres pendant la nuit, à la ſeule clarté des étoiles. On rapporte même qu'il y a eu des perſonnes qui voyoient & diſtinguoient les objets pendant la nuit la plus obſcure, dans une chambre bien

fermée & privée de toute lumiere : ce qui n'eſt point hors de vraiſemblance, dit-on, s'il eſt vrai, comme on le préſume, que les chats, les chouettes, les taupes, voient & diſtinguent les objets dans les plus profondes ténebres. Comment accorder ces deux phénomenes, & ſur-tout le dernier, avec la théorie de la viſion, que nous venons de donner ?

EXPLICATION. I°. *Lire à la ſeule clarté des étoiles*, c'eſt lire avec peu de lumiere, par le même méchaniſme naturel qui fait lire avec une grande lumiere (1040). Ce phénomene ne préſente donc rien d'inſolite & d'extraordinaire, ſi ce n'eſt une très-grande ſenſibilité & une très-grande délicateſſe dans l'organe qui en eſt le ſujet. Quand nous paſſons rapidement d'un lieu très-éclairé dans un autre lieu fort ſombre & fort obſcur, nous ne diſtinguons d'abord ni les perſonnes, ni les objets, qui l'occupent : parce que l'œil, auparavant vivement agité & ébranlé par les fortes commotions d'une grande lumiere, eſt d'abord inſenſible aux foibles impreſſions que fait ſur lui une lumiere incomparablement moindre. Bientôt après, l'œil reprend ſa tranquillité ; ſa prunelle ſe dilate & s'ouvre de plus en plus, pour donner paſſage à de plus grands cônes lumineux : l'impreſſion que font ſur lui ces faiſceaux de lumiere, devient l'*impreſſion dominante*, à laquelle ſe fixe l'attention de l'ame (872) ; & l'ame voit aſſez nettement les objets placés devant l'œil, quoique peu éclairés.

La clarté de la viſion dépend donc de conditions qui peuvent varier immenſément ; de la plus ou moins grande délicateſſe de l'organe, dont la ſenſibilité peut augmenter ou diminuer

à l'infini; de la plus ou moins grande ouverture de la prunelle, qui peut raſſembler ſur la rétine un volume de rayons conſidérablement différent; du plus ou moins de calme ou d'agitation dans les organes immédiats de la viſion, qui dans une grande agitation ont beſoin d'une ſenſation plus forte pour fixer l'attention de l'ame; & qui dans le calme n'ont beſoin que d'une très-légere commotion, pour occaſionner à l'ame la perception d'une image ou d'une idée. Il eſt vraiſemblable que ces différentes conditions ſe réuniſſent à la fois dans les perſonnes qui peuvent lire à la ſeule clarté des étoiles.

II°. *Voir & diſtinguer les objets ſans aucune lumiere quelconque*, c'eſt un phénomene évidemment chimérique. S'il eſt vrai qu'il y ait des hommes ou des animaux qui voient & diſtinguent les objets dans un lieu totalement privé de ce que nous nommons lumiere, phénomene dont la réalité n'eſt rien moins que conſtatée; il eſt certain qu'il y a pour ces êtres une lumiere réelle, qui a priſe ſur leurs organes, ſans avoir priſe ſur les nôtres; & qui agit ſur leurs yeux, comme la lumiere ordinaire agit ſur nos yeux. Mais qu'eſt-ce que cette lumiere, qui peut éclairer un chat, par exemple, au fond d'une cave, au haut d'un galetas, pendant la plus obſcure nuit?

Dans l'appartement le plus obſur & pendant la nuit la plus ſombre, je vois & je diſtingue un *ver luiſant*: parce qu'une certaine fermentation fait jaillir du ſein de cet inſecte, un torrent de matiere lumineuſe, propre à le rendre ſenſible à mes yeux. Toutes les ſubſtances animales & végétales ſouffrent continuellement de ſem-

blables fermentations, qui emportent & diſſipent en tout ſens, des torrents de leur ſubſtance ; torrents où ſe trouve indubitablement mêlée une quantité conſidérable de matiere ignée & lumineuſe. Cette matiere ignée & lumineuſe, qui eſt inſuffiſante pour affecter ſenſiblement nos organes, ne pourroit-elle pas être ſuffiſante, pour ébranler des organes incomparablement plus ſenſibles, pour y tracer l'image des objets qui la dardent ? Dans cette hypotheſe, les différentes ſubſtances animales & végétales ſeroient pour les chats & pour les animaux qui voient comme eux dans ce que nous appellons ténebres, ſi le fait eſt réel, ce que les vers luiſants ſont pour nous. Telle eſt la ſeule explication hypothétique qu'on puiſſe donner à ce dernier phénomene, s'il eſt réel.

PARAGRAPHE SEPTIEME.

RÉFRACTION ASTRONOMIQUE.

1044. DÉFINITION. On nomme *réfraction aſtronomique*, l'inflexion que reçoit la lumiere des aſtres, en traverſant l'athmoſphere terreſtre, ſur laquelle elle tombe obliquement. Par exemple (*fig.* 35) :

Soit T le globe terreſtre ; *atxv*, la maſſe aérienne répandue autour de ce globe, en couches concentriques d'environ quinze ou ſeize lieues de hauteur au-deſſus de la ſurface du globe (743) ; RZS*txa*, l'eſpace immenſe qui ſépare l'athmoſphere terreſtre des globes céleſtes. Le rayon S*t*T, qui a ſa direction vers le centre de courbure de l'athmoſphere terreſtre, ne

ſouffre aucune réfraction : parce qu'il eſt perpendiculaire au milieu réfractant (987). Mais le rayon S*n*, qui ne tend point au centre de courbure de l'athmoſphere, eſt oblique au milieu réfractant ; & ſouffre, en entrant dans l'athmoſphere, une inflexion S*n m*, qui l'approche de la perpendiculaire *n* T menée du point d'incidence *n* au centre de courbure du milieu réfractant : cette inflexion du rayon en *n*, eſt ce qu'on nomme réfraction aſtronomique.

I°. L'athmoſphere, qui environne & enveloppe notre globe, eſt un milieu ſenſiblement ſphérique, plus facilement pénétrable pour la lumiere (quelle qu'en ſoit la cauſe) que l'eſpace placé au-delà de cette athmoſphere : *la lumiere, en pénétrant obliquement dans le nouveau milieu, doit donc éprouver une réfraction aſſez ſemblable à celle qu'elle eſſuie en paſſant obliquement de l'air dans l'eau* (988). La lumiere, par exemple le rayon S*n*, s'approcherera donc de ſa perpendiculaire, laquelle eſt une ligne droite *n* T, menée du point d'incidence ſur l'athmoſphere *n*, au centre de courbure de cette même athmoſphere, qui eſt le centre même de la terre.

II°. L'athmoſphere, qui enveloppe la terre, n'eſt point par-tout d'une égale denſité : les couches voiſines de la ſurface du globe ſont conſidérablement plus denſes que les couches ſupérieures, leſquelles vont en ſe raréfiant de plus en plus, depuis les plus baſſes juſques aux plus hautes (738, IV°). Si la vertu réfractante de l'athmoſphere eſt proportionnelle par-tout à la différente denſité des couches, ce qui eſt aſſez vraiſemblable ; *la lumiere, en traverſant toutes ces couches de l'athmoſphere, eſſuiera une réfraction*

toujours croiſſante, depuis les couches les plus hautes juſques aux couches les plus baſſes. Par conſéquent, ſi nous ſuppoſons l'athmoſphere diviſée en couches concentriques *b c*, *c d*, *d m*; le rayon oblique R*b*, en ſe réfractant dans ces différentes couches de l'athmoſphere, décrira la ligne courbe *b c d m*, s'approchant toujours de plus de ſes perpendiculaires ſucceſſives *b*T, *c*T, *d*T, à meſure que le pouvoir réfractant augmente avec la denſité des couches; & l'aſtre R, d'où vient le rayon R*b c d m*, ſera vu en *r* par un œil placé en *m*. (912.)

III°. Quoique cette réfraction, opérée par les couches inégalement denſes de l'athmoſphere, donne réellement une ligne courbe *b c d m*; cependant, comme cette courbure eſt peu ſenſible, nous conſidérerons la ligne décrite par le rayon, depuis le point où il rencontre l'athmoſphere, juſqu'à l'œil, comme une ligne droite; telle que la ligne *n m*.

Réfraction des rayons dans l'athmoſphere.

1045. APPLICATION. (*fig.* 95.) Soit la terre T; l'athmoſphere *m d n r*; l'horiſon ſenſible H*m a n* K; l'œil du ſpectateur placé en *a* dans l'horiſon ſenſible; le ſoleil placé en S & la lune placée en L, ſous l'horiſon ſenſible.

Quoique la terre ſoit ſenſiblement ſphérique; elle eſt cependant comme une ſurface plane par rapport à l'œil, pour lequel cette courbure, qui n'eſt que d'environ trois lignes dans une étendue de 150 toiſes (*Math.* 534), devient nulle & inſenſible. C'eſt pour cette raiſon que nous repréſentons la portion de la terre où

l'œil *a* est placé, comme plane. L'œil placé en *a* ne peut donc voir dans le ciel, par des rayons directs & non réfractés, que les objets qui sont au-dessus de son horison sensible H *a* K : parce que les rayons directs & non réfractés, qui partent d'au-dessous de cet horison, sont arrêtés par la terre & ne peuvent parvenir jusqu'à l'œil *a*.

I°. Le soleil, placé en S sous l'horison sensible, darde de toute part ses rayons en droite ligne. Mais aucun de ces rayons ne peut se rendre directement & sans inflexion dans l'œil placé en *a* ; parce que la surface terrestre se trouve interposée entre l'œil & le soleil.

II°. De tous les rayons solaires, un seul ST est dardé perpendiculairement sur l'athmosphere : celui-là ne souffre aucune inflexion ou réfraction dans l'athmosphere. Tous les autres rayons solaires qui atteignent l'athmosphere terrestre, s'y réfractent en s'approchant de leur perpendiculaire qui est toujours & par-tout une ligne droite menée du point d'incidence sur l'athmosphere, au centre de la terre. La réfraction qu'essuient ces rayons, toutes choses étant égales d'ailleurs, est d'autant plus grande, qu'ils atteignent plus obliquement l'athmosphere, ou qu'ils ont leur direction plus loin du centre de la terre. (990.)

III°. Le rayon S *n*, qui seroit perdu pour l'œil *a*, s'il conservoit dans l'athmosphere sa primitive direction S *n c*, se réfracte en *n*, & va de *n* en *a* peindre l'image du soleil dans l'œil *a*. L'œil *a* verra donc le soleil dans la ligne *a n* en K, au-dessus du vrai lieu où il se trouve réellement. (912.)

IV°. Quand le soleil ayant passé de S en Z,

ſe trouvera au zénith de l'œil ; le ſoleil ſera vu dans ſon vrai lieu : parce que le rayon Z *a*, qui peint le ſoleil dans l'œil *a*, tombe perpendiculairement ſur l'athmoſphere, & ne ſouffre aucune réfraction. Dans toute autre poſition que celle du zénith, l'aſtre eſt vu hors de ſon vrai lieu ; parce qu'il eſt vu par des rayons infléchis. Par exemple, ſi on ſuppoſe que ZDK ſoit une portion du méridien ; le ſoleil étant en D dans le méridien, ſera vu en P dans le méridien, mais au-deſſus de ſon vrai lieu ; à cauſe du rayon réfracté D *d a*, qui va peindre le ſoleil dans l'œil, & qui affecte l'œil dans la direction *a d* P. (912.)

V°. La réfraction eſt dautant plus grande, que l'aſtre eſt plus près de l'horiſon ; & d'autant plus petite, que l'aſtre approche plus du zénith. La meilleure raiſon qu'on en puiſſe donner, c'eſt que le rayon traverſe une d'autant plus grande étendue de l'atmoſphere, & eſſuie d'autant plus fortement le pouvoir réfractant, que l'aſtre qui le darde eſt plus près de l'horiſon & plus éloigné du zénith. Par exemple, le rayon S *n a* eſſuie le pouvoir réfractant dans toute l'étendue *n a* : le rayon Z *d a* n'eſſuie le pouvoir réfractant que dans l'étendue beaucoup moindre *a d*.

VI°. Nous venons d'obſerver que la réfraction change toujours le lieu apparent d'un aſtre ; & que la réfraction eſt d'autant plus grande, que l'aſtre eſt plus près de l'horiſon. Ainſi le ſoleil en S & en D ſera vu au-deſſus de ſon vrai lieu : mais la diſtance entre le lieu réel & le lieu apparent, ſera plus grande en S qu'en D. La diſtance entre le lieu réel S & le lieu apparent K, exprime la quantité de la réfraction : nous verrons ailleurs ſelon quelle proportion décroît la réfrac-

tion, depuis l'horiſon où elle eſt la plus grande, juſqu'au zénith où elle devient nulle. Par le moyen de la réfraction aſtronomique, deux aſtres placés ſous l'horiſon ſenſible H *a* K, par exemple le ſoleil S & la lune L, ſont vus l'un & l'autre dans l'horiſon ou au-deſſus de l'horiſon, en H & en K, au-deſſus de leur vrai lieu.

VII°. Le ſoleil & la lune, placés dans l'horiſon ou un peu au-deſſus de l'horiſon, paroiſſent avoir une figure un peu ovale, dont le diametre vertical eſt plus court que le diametre horiſontal. La raiſon en eſt, que la réfraction fait paroître toutes les parties de l'aſtre plus hautes qu'elles ne ſont réellement; & que cette élévation apparente eſt d'autant plus grande, que la partie rayonnante eſt plus près de l'horiſon. La partie inférieure de l'objet rayonnant eſt ſoumiſe à une plus forte réfraction, que la partie ſupérieure: la partie inférieure de l'objet, vue par des rayons qui ont ſouffert une plus grande inflexion ou réfraction, ſera donc plus déplacée, que la partie ſupérieure; & le diametre vertical de l'objet paroîtra raccourci. (*fig.* 95.)

VIII°. Nous avons ſuppoſé d'abord que la réfraction des rayons dans l'athmoſphere, toutes choſes étant égales d'ailleurs, devoit être proportionnelle à la denſité des couches réfractantes. Cette ſuppoſition eſt conforme à l'expérience: car il conſte par des obſervations faites & répétées pluſieurs fois avec la plus grande circonſpection, que la réfraction de la lumiere dans l'air devient plus grande, à meſure qu'on augmente la denſité de ce fluide, ſoit en le comprimant, ſoit en le refroidiſſant. D'où il s'enſuit que les objets qu'on voit ainſi à travers l'athmoſ-

phere, ſoit dans le ciel, ſoit ſur la terre, quoique placés à des hauteurs connues & données, ne doivent pas toujours paroître également élevés au-deſſus de leur vrai lieu : puiſque l'athmoſphere, qui réfracte les rayons par leſquels ces objets ſont viſibles, eſt ſujette à une infinité de variations occaſionnées par la différence du chaud ou du froid, de l'humidité ou de la ſéchereſſe, & de mille autres cauſes accidentelles qu'il eſt inutile d'expoſer. (1231.)

D'habiles géometres avouent qu'il leur eſt arrivé quelquefois de trouver tantôt un peu plus & tantôt un peu moins grande, la hauteur des mêmes édifices ou des mêmes montagnes, qu'ils avoient meſurés avec la plus ſcrupuleuſe attention, d'une même diſtance & avec les mêmes inſtruments. Cette différence de réſultats a eu très-vraiſemblablement pour cauſe, une plus ou moins forte réfraction dans les rayons réfléchis par ces objets à travers une athmoſphere tantôt plus & tantôt moins condenſée, tantôt plus & tantôt moins chargée de vapeurs.

CRÉPUSCULES.

1046. DÉFINITION. Le *crépuſcule* eſt cette lumiere qui augmente ou qui diminue par degrés inſenſibles, le matin, depuis la pointe du jour, juſqu'au lever du ſoleil ; & le ſoir, depuis le coucher du ſoleil, juſqu'à la nuit cloſe. On donne communément le nom d'*aurore*, à la lumiere qui précede le lever du ſoleil ; & le nom de *crépuſcule*, à celle qui ſuit ſon coucher.

Il conſte par les obſervations, que le crépuſcule commence & finit, quand le ſoleil eſt à

environ 18 degrés ſous l'horiſon; c'eſt-à-dire, une heure & douze minutes avant ſon lever & après ſon coucher; mais que cette durée du crépuſcule eſt plus grande dans les ſolſtices, que dans les équinoxes; dans la ſphere oblique en Europe, par exemple, que dans la ſphere droite ſous l'équateur.

EXPLICATION. Soit le ſoleil faiſant ſa révolution réelle ou apparente ſous l'horiſon, depuis minuit juſqu'à ſon lever, dans la partie de ſa courbe NBGS. (*fig.* 95.)

I°. Il eſt clair que le ſoleil, placé en N, ne peut darder dans l'œil placé en *a*, aucun de ſes rayons, qui ſont tous arrêtés & interceptés par la maſſe opaque de la terre T. Par exemple, le rayon perpendiculaire NT ne peut point aller en *a*; le rayon oblique N*r* s'infléchit dans l'athmoſphere vers la perpendiculaire *r*T, & va heurter la maſſe terreſtre: le rayon plus oblique N*v* s'infléchit auſſi & prend la direction *v c* qui ne peut point le porter dans l'œil *a*.

II°. Le ſoleil paſſe ſucceſſivement de N en B, & de B en G. Cet aſtre, arrivé en G, a environ 18 degrés ſous l'horiſon, darde en tout ſens ſur l'athmoſphere terreſtre des rayons divergents, qui ayant différents degrés de réfrangibilité, s'y réfractent inégalement, les uns plus & les autres moins (867): parmi les rayons que darde le ſoleil, du point G, nous ne conſidérerons que la touffe *n*G*e*, qui ſeule peut s'infléchir vers l'œil placé en *a*. Parmi ces rayons *n*G*e*, les plus réfrangibles & les plus réfractés commencent à ſe porter en très-petit nombre dans l'œil *a*, par la ligne coudée G*n a*; tandis que les moins réfrangibles, moins réfractés & moins infléchis,

vont

vont ſe perdre au-deſſus de l'œil en *c* ou en *d*. L'œil *a* commence donc à recevoir avec ſatisfaction une foible impreſſion de lumiere, qui le prépare à l'heureux retour de l'aſtre qui doit éclairer & vivifier la nature. Ces rayons plus réfrangibles & plus réfractés, tombent ſur les objets terreſtres, qui les répercutent dans l'œil *a*; & cet œil commence à diſtinguer les objets qui ſont très-près de lui.

III°. A meſure que le ſoleil avance de G en S, la lumiere augmente ſucceſſivement ſur la ſurface terreſtre où l'œil eſt placé: parce qu'à proportion que le ſoleil s'approche de l'horiſon, les rayons moins réfrangibles qui alloient ſe perdre dans l'athmoſphere au-deſſus de l'horiſon, ſe réfractent & s'infléchiſſent ſuffiſamment pour ſe porter ſur l'horiſon conjointement avec les rayons plus réfrangibles. D'où il arrive que les objets terreſtres reçoivent déja une abondante quantité de rayons, qu'ils réfléchiſſent, & qui les rend plus viſibles.

IV°. Les rayons réfractés du ſoleil, quand cet aſtre eſt encore un peu trop enfoncé ſous l'horiſon, donnent une lumiere déja ſuffiſante pour annoncer ſon prochain retour, & pour éclairer notablement les objets terreſtres; ſans tracer encore dans l'œil l'image même du ſoleil: parce que ces rayons, inégalement réfractés & trop éparpillés, n'arrivent point encore dans l'œil avec la denſité & avec la combinaiſon convenables pour tracer dans la rétine l'image de cet aſtre; image qui doit réſulter d'une impreſſion faite par des rayons aſſez denſes, & combinés à peu près de même qu'ils le ſont en partant du ſoleil. (911.)

V°. Le crépuſcule du ſoir eſt communément un peu plus long que celui du matin : parce que l'athmoſphere, échauffée & dilatée pendant le jour, refroidie & condenſée pendant la nuit, a plus de hauteur le ſoir que le matin; & que la durée de la réfraction aſtronomique eſt toujours ſenſiblement proportionnelle à la hauteur du milieu où elle ſe fait.

VI°. Le crépuſcule eſt plus long dans les ſolſtices, que dans les équinoxes ; toutes choſes étant ſuppoſées égales d'ailleurs : parce que dans les ſolſtices, la lumiere traverſant plus obliquement l'athmoſphere, eſt expoſée pendant un plus long trajet, à l'action du pouvoir réfractant de l'athmoſphere.

Il ſeroit inutile de s'arrêter ici à exalter la ſageſſe & la bienfaiſance de la Providence, dans le phénomene que nous venons d'expliquer. Tout le monde ſait que le crépuſcule, en nous faiſant paſſer par degrés inſenſibles, de la plus grande lumiere aux ténebres, & des ténebres à la plus grande lumiere, ménage la délicateſſe de nos yeux, prolonge la durée de nos journées, nous prépare avantageuſement & à l'abſence & au retour du flambeau du monde. Perſonne n'ignore que les peuples voiſins des poles doivent à cette ſalutaire réfraction de la lumiere, ces belles nuits, ces nuits aſſez ſemblables à nos crépuſcules, qui les conſolent & les dédommagent pendant cinq ou ſix mois chaque année, de l'abſence totale & permanente de l'aſtre du jour ; abſence dont nous expliquerons ailleurs la cauſe. (1315.)

TROISIEME SECTION.

THÉORIE DU FEU,

OU RAPPORTS

DE LA LUMIERE ET DE LA MATIERE IGNÉE.

LE *Feu* doit être conſidéré ſous deux états fort différents ; d'abord comme *ſubſtance ſimple* & primitive, enſuite comme *ſubſtance combinée* avec d'autres ſubſtances de différente nature. Confondre ces deux états, c'eſt répandre ſur la théorie du feu des ténebres impénétrables à toute la ſagacité de l'eſprit humain. Conſidéré ſous le premier point de vue, c'eſt le *feu élémentaire*, l'une des quatre ſubſtances primitives qui entrent dans la compoſition des corps : conſidéré ſous le ſecond point de vue, c'eſt le *phlogiſtique*, ou la partie inflammable des corps combuſtibles dont le feu fait partie conſtituante.

LE FEU ÉLÉMENTAIRE.

1047. OBSERVATION. Après une étude de deux ou trois mille ans, après les profondes méditations des Deſcartes & des Newtons, après toutes les ſavantes & ſubtiles expériences des Boërhave, des Lemery, des Réaumur, des Sthal, & de tant d'autres célebres phyſiciens, le monde philoſophique eſt reſté incertain & partagé ſur la nature du feu. Parmi les phyſiciens qui ſe ſont

appliqués à percer ce myſtere de la nature,

I°. Les uns ont prétendu que le feu eſt un élément à part; un aſſemblage de molécules d'une matiere ſimple, ſenſiblement homogene, inaltérable, incoërcible, toujours en action & en mouvement, fluide par ſon eſſence, principe unique de toute fluidité dans la nature, cauſe primitive de la chaleur & de l'embraſement dans les corps.

II°. Les autres ont penſé que le feu n'eſt qu'un aſſemblage fortuit de ſubſtances hétérogenes quelconques, que la fermentation darde & diſſipe en tout ſens, & auxquelles le ſeul mouvement donne la vertu qu'elles ont de brûler & de diſſoudre les corps : en telle ſorte que le feu ne ſoit autre choſe que les molécules mêmes de la terre, de l'eau, de l'air, diviſées, atténuées, & dardées avec différentes modifications de mouvement.

III°. Un petit nombre, en conſidérant les étonnants phénomenes de cette ſubſtance, a oſé imaginer ou ſoupçonner que le feu faiſoit une claſſe d'êtres à part; que c'étoit une ſubſtance intermédiaire entre la matiere & l'eſprit, totalement différente & de l'une & de l'autre.

Parmi ces opinions, la premiere eſt plus que vraiſemblable; la ſeconde eſt certainement fauſſe; la troiſieme eſt évidemment inepte & abſurde.

1048. ASSERTION I. *Le feu élémentaire eſt une ſubſtance matérielle.*

DÉMONSTRATION. Une ſubſtance qui ſe prête à nos expériences & à nos obſervations; une ſubſtance qu'il nous eſt donné de dilater ou de condenſer, d'augmenter ou de diminuer, de flé-

chir d'un côté ou d'un autre à notre volonté ; une ſubſtance qui affecte nos ſens, qui agit immédiatement ſur tous les corps, qui ſe diviſe & ſe partage entre eux, qui reçoit & communique du mouvement ; une ſubſtance qui s'offre à nos ſens & à nos idées ſous tous les caracteres de la matiere, eſt inconteſtablement une ſubſtance matérielle : or tel eſt le feu : donc le feu eſt une ſubſtance matérielle ; ſubſtance qui doit être placée dans la claſſe des fluides comme infiniment ſubtils, leſquels ne ſont pas moins matiere, que les fluides les plus groſſiers. C. Q. F. D.

1049. ASSERTION II. *Le feu élémentaire n'eſt point un amas fortuit de ſubſtances hétérogenes, atténuées & miſes en mouvement.*

DÉMONSTRATION. I°. Une ſubſtance qui s'annonce par des effets toujours les mêmes, par des caracteres toujours uniformes, n'eſt point un amas fortuit de ſubſtances hétérogenes, dont les caracteres & les effets varient néceſſairement en raiſon de leur différente nature & de leur différent mêlange. Or le feu élémentaire, le feu ſéparé des ſubſtances avec leſquelles il eſt ſouvent combiné, produit toujours & par-tout les mêmes effets proportionnés à ſa denſité ; ſe montre toujours & par-tout marqué aux mêmes traits, aux mêmes caracteres. Donc le feu élémentaire n'eſt point un amas fortuit de ſubſtances hétérogenes, atténuées & miſes en mouvement.

II°. C'eſt une loi générale pour le commun des corps, que tout mouvement une fois imprimé, ſe ralentiſſe & ceſſe enfin d'être ſenſible, en ſe diſtribuant à une plus grande quantité de matiere (310). Or il eſt évident que le mou-

vement dans le feu ne ſuit pas cette loi : puiſqu'une étincelle, produite par le foible choc d'un caillou tranchant contre un acier trempé, ſe convertit ſucceſſivement en un incendie, avec une inconcevable augmentation de mouvement, en tranſmettant ſon mouvement d'une ſubſtance à l'autre. Donc la matiere du feu eſt différente de la matiere qui compoſe le commun des corps : donc la matiere du feu n'eſt point un amas de parties hétérogenes de ces corps.

Donc il y a dans les corps qui s'embraſent, une cauſe de leur embraſement, une cauſe diſtinguée des parties qu'elle darde & diſſipe; une matiere diſpoſée par ſa nature à augmenter le mouvement qu'elle reçoit, & à devenir plus libre & plus puiſſante par ſes propres effets. C. Q. F. D.

1050. ASSERTION III. *Le feu élémentaire eſt une ſubſtance à part, un fluide dont la nature eſt inaltérable, ſenſiblement homogene, toujours en mouvement ou toujours diſpoſée au mouvement.*

DÉMONSTRATION. I°. Le feu élémentaire eſt une ſubſtance à part ; une ſubſtance diſtinguée des ſubſtances terreuſes, aériennes, aqueuſes, qu'il agite & qu'il diſſipe : puiſqu'il eſt ſoumis à des loix de mouvement différentes, & qu'il s'annonce par des caracteres & par des effets qui ne peuvent convenir à un mêlange fortuit de ces différentes ſubſtances. (1049.)

II°. Le feu élémentaire eſt une ſubſtance ſenſiblement homogene : puiſqu'il ſe montre toujours & par-tout ſous les mêmes caracteres, & qu'il produit toujours & par-tout les mêmes effets ; quels que ſoient les mixtes plus ou moins

terreux, plus ou moins aqueux, plus ou moins aériens, d'où il eſt extrait. Le feu, émané du ſein du ſoleil, ne differe du feu émané du ſein des corps terreſtres qui s'enflamment; qu'en ce que le premier eſt plus pur, plus ſéparé de ſubſtances étrangeres à ſa nature.

III°. Le feu élémentaire eſt une ſubſtance inaltérable dans ſa nature; comme le ſont tous les principes des corps, ainſi que nous l'avons fait voir dans le premier traité de cet ouvrage. (145.)

IV°. Le feu élémentaire eſt un fluide d'une inconcevable ténuité: puiſque les corps les plus denſes & les plus durs préſentent de toute part de libres paſſages à ce ſubtil élément, qui s'inſinue dans leur plus intime ſubſtance; qui dilate & diviſe leurs plus ſubtiles parties, en rompt l'adhérence réciproque, les met dans un état de fluidité. Il eſt même très-vraiſemblable que tous les corps liquides & fluides tendent par leur nature à l'état de ſolidité; que la ſeule action du feu donne à leurs parties intégrantes, la vertu qu'elles ont de rouler ou de gliſſer librement les unes ſur les autres; que l'eau, par exemple, ſeroit un corps à peu près auſſi ſolide & auſſi dur que le marbre, ſi le feu, interpoſé entre ſes molécules, n'en entretenoit la déſunion & n'en empêchoit l'adhérence.

V°. Le feu élémentaire eſt un fluide toujours en mouvement ou toujours diſpoſé par ſa nature au mouvement: puiſque ſi l'on ne lui ſuppoſe pas cette propriété, il eſt impoſſible de rendre raiſon d'un phénomene qu'on a chaque jour ſous les yeux, quand on voit une étincelle ou un

petit feu ſe convertir en un grand embraſement. C. Q. F. D.

1051. ASSERTION IV. *Il eſt aſſez vraiſemblable que le feu & la lumiere ne ſont qu'un ſeul & même élément.*

DÉMONSTRATION. La lumiere brûle, le feu éclaire : donc la lumiere & le feu paroiſſent être un ſeul & même principe, qui a deux effets différents.

I°. *La lumiere brûle.* Car une loupe de verre, en concentrant dans un même foyer la plus pure lumiere du ſoleil, embraſe & calcine les corps, dans le vuide comme hors du vuide.

II°. *Le feu éclaire.* Car la matiere qui produit l'embraſement des corps & la diſſipation de leurs parties, en occaſionnant la chaleur du feu, occaſionne toujours ou preſque toujours l'irradiation de la lumiere. Et quand ce dernier effet eſt ſéparé du premier, cela vient de ce que le même principe, qui n'eſſuie aucun obſtacle dans le premier de ſes effets, éprouve des obſtacles qui s'oppoſent au ſecond : ces deux effets, l'embraſement & l'irradiation, ne dépendent point des mêmes circonſtances ; comme nous l'expliquerons dans la remarque ſuivante.

Cette idée de la lumiere & du feu, s'accorde parfaitement bien avec la ſimplicité & l'économie qu'on voit régner généralement dans toutes les opérations de la nature, qui ſe montre toujours & par-tout prodigue dans les effets, & avare dans les cauſes. Pourquoi la nature auroit-elle établi deux cauſes, pour opérer deux effets auxquels une ſeule & même cauſe

paroît ſuffire ? Donc cette idée doit être admiſe, ſinon comme certaine, du moins comme aſſez vraiſemblable. C. Q. F. D.

1052. REMARQUE. I°. La lumiere, ou le feu élémentaire, a beſoin, pour produire l'*embraſement* ou une chaleur ſenſible dans les corps, d'un certain degré de denſité, qu'il ſeroit difficile de déterminer. Trop affoiblis ou trop raréfiés, les rayons de cet élément peuvent encore éclairer, ſans être capables de brûler : delà une lumiere ſans chaleur ; c'eſt-à-dire, ſans un des effets que cet élément eſt deſtiné à produire. Telle eſt la lumiere des étoiles, de la lune, de certains phoſphores. La lumiere du ſoleil échauffe moins nos contrées en hiver qu'en été : parce que cette lumiere tombe plus obliquement & avec beaucoup moins de denſité ſur nos contrées, en hiver qu'en été ; & que dans la lumiere, la vertu de brûler ou d'échauffer croît non-ſeulement en raiſon de ſa denſité, mais dans un beaucoup plus grand rapport que celui de ſa denſité ; comme nous l'avons obſervé ailleurs. (976.)

II°. La lumiere, ou le feu élémentaire, a beſoin, pour produire l'*irradiation*, d'être en liberté & en action, d'être entierement dégagée & ſéparée des ſubſtances hétérogenes avec leſquelles elle peut être combinée. La poudre à canon, l'huile, & une foule d'autres corps combuſtibles, ſont comme des magaſins ou des réſervoirs, dans leſquels ſe trouve une immenſe quantité de feu élémentaire, combiné avec des ſubſtances étrangeres : mais ce feu ne brûle & n'éclaire, qu'autant qu'il ſe dégage avec explo-ſion, des ſubſtances auxquelles il eſt uni.

III°. Le feu élémentaire, qui ſe trouve logé dans les pores des corps, ſans être combiné avec ces corps, n'éclaire point, ne brûle point : parce que ces deux effets dépendent de ſon *exploſion ;* & que l'élément qui l'environne & qui ſe met en équilibre avec lui, l'empêche de s'échapper avec exploſion hors de ces corps.

LE PHLOGISTIQUE.

1053. DÉFINITION. Le *phlogiſtique* eſt une combinaiſon du feu élémentaire avec certaines ſubſtances de nature différente. Cette définition exige un développement que voici.

I°. Nous avons dit ailleurs qu'on entend par *combinaiſon*, l'union de deux corps de différente nature, qui ſe joignent & adherent enſemble par leur affinité ; & de l'union deſquels il réſulte un nouveau corps d'une nature mixte, lequel participe à la vérité de la nature des deux ſubſtances qui le compoſent, mais ſans avoir réellement la nature propre d'aucune de ces deux ſubſtances. Par exemple, un ſel acide & un ſel alkali, unis & combinés enſemble, forment un ſel différent des deux premiers, lequel n'eſt ni de nature acide, ni de nature alkaline : c'eſt un ſel neutre. Par exemple encore, les ſels & les huiles de la terre, en ſe combinant dans les productions de la nature, forment des plantes & des fruits qui n'ont point la nature propre des principes d'où ils naiſſent, mais une nature à part : ce ſont des êtres nouveaux, enrichis de propriétés caractériſtiques qui ne ſe trouvent point dans leurs principes iſolés, & ſéparés les uns des autres.

II°. Le feu élémentaire, ainſi que les autres principes des corps, n'a pas une égale affinité avec toutes les ſubſtances de la nature : il doit donc ſe combiner plus aiſément avec certaines ſubſtances ; & ſe combiner plus difficilement ou ne point du tout ſe combiner avec certaines autres ſubſtances. Par exemple, l'eau régale, qui ſe combine facilement avec l'or, ne ſe combine pas de même avec l'argent : la même choſe arrive au feu élémentaire, qui ſe combine aiſément avec les ſubſtances huileuſes & ſulfureuſes, ſans ſe combiner de même avec les ſubſtances aqueuſes.

III°. Le feu élémentaire, combiné avec certaines ſubſtances, telles que ſont le bois, l'huile, la poudre à canon, tous les corps combuſtibles, ne s'y trouve pas avec les propriétés qu'il a étant pur & iſolé : comme l'air combiné dans les corps dont il fait partie conſtituante, n'a point dans ces corps la fluidité & l'élaſticité qui le caractériſent dans ſon état naturel & hors de l'état de combinaiſon (730). Le feu élémentaire, combiné avec les ſubſtances plus ou moins hétérogenes qui compoſent avec lui les corps combuſtibles, perd ſon action & ſon mouvement dans cet état de combinaiſon ; & la cauſe de cette perte, c'eſt l'*affinité* qu'il a avec les ſubſtances auxquelles il s'unit ; affinité qui ſe trouvant plus forte que la tendance qu'il auroit à s'en éloigner en vertu de ſon mouvement naturel, le rend immobilement adhérent à ces ſubſtances.

IV°. Cette adhérence eſt plus ou moins grande, ſelon le plus ou le moins d'affinité qu'a le feu élémentaire avec ces ſubſtances. Quand cette adhérence eſt très-foible, le feu élémentaire,

qui conſerve toujours radicalement ou intrinſéquement ſa tendance au mouvement, s'en dégage facilement, auſſi-tôt qu'une cauſe étrangere facilite ſa ſéparation; & les corps combuſtibles ſont d'autant plus facilement inflammables, qu'il y a moins d'adhérence entre les éléments ignés & les éléments hétérogenes avec leſquels ils ſont unis & combinés.

Le feu dans les corps, combiné & non combiné.

1054. OBSERVATION. Le feu élémentaire ſe trouve en deux manieres fort différentes dans les corps, ou *dans un état de combinaiſon*, ou *ſans cet état de combinaiſon*. L'omiſſion d'une telle diſtinction a donné lieu à bien des ténebres, dont quelques phyſiciens ont enveloppé cette queſtion.

I°. *Le feu élémentaire ſe trouve dans les corps, ſans être combiné avec eux*, ou ſimplement logé dans leurs pores, & interpoſé entre leurs éléments, ſans ceſſer d'être feu élémentaire; d'être un fluide purement igné, doué d'action & de mouvement : comme l'eau ſe trouve logée & interpoſée dans les pores d'une éponge, ſans ceſſer d'être eau naturelle, eau élémentaire.

Il eſt vraiſemblable que l'élément du feu, répandu en plus ou moins grande quantité dans toute la nature, ſe loge par-tout dans les pores des corps, & s'y met en équilibre avec celui qui eſt répandu dans la maſſe de l'air autour de ces corps. Un pied cube d'eau & un pied cube d'huile, placés dans la même température, contiendront une égale quantité de ce feu élémentaire & non combiné, en ſuppoſant que la ſomme de leurs pores ſoit égale. Si l'huile a plus de

pores, elle contiendra plus de feu élémentaire, pur & non combiné : mais elle ne ſera cependant pas plus chaude que l'eau ; parce que le feu élémentaire, logé dans leurs pores, a la même denſité dans l'huile & dans l'eau ; & que la vertu qu'il a de brûler eſt proportionnelle, non à ſon volume, mais à la denſité & à la proximité de ſes éléments. (976.)

II°. *Le feu élémentaire ſe trouve dans les corps, uni & combiné avec eux*, ou faiſant partie conſtituante de leur nature, privé de ſes qualités de fluide en mouvement, adhérent à leurs principes, & formant avec ces principes un nouveau tout, une nouvelle eſpece d'être : comme l'eau, combinée dans les huiles, dans les plantes, dans les fruits, ſe trouve privée de ſa nature aqueuſe ; comme l'air, combiné avec les différents mixtes, eſt privé de ſa fluidité, de ſon reſſort, de ſa nature aérienne.

III°. Il eſt certain que *le feu combiné n'eſt point en égale quantité dans tous les corps.* Les corps combuſtibles en contiennent plus ou moins, ſelon leurs différents degrés d'affinité avec l'élément igné : delà leur plus ou moins de combuſtibilité. Les corps incombuſtibles n'en contiennent que très-peu ou point du tout : parce que les parties qui les compoſent manquent d'affinité avec l'élément igné. Il y a beaucoup de ce feu combiné, dans un pied cube d'huile : il n'y en a point ou infiniment peu, dans un pied cube d'eau.

IV°. La *combuſtion*, qui n'eſt autre choſe que le dégagement & l'exploſion du principe inflammable contenu dans les corps combuſtibles, détruit l'état de combinaiſon qu'avoit le feu élé-

mentaire avec les ſubſtances hétérogenes qui forment ces corps. Ce feu, dégagé des principes auxquels l'attachoit ſon affinité, redevient feu pur, feu élémentaire: comme l'air combiné avec les corps, quand la combuſtion l'en dégage, revient à ſon état naturel, fluide & élaſtique. (729.)

COMMUNICATION DU FEU.

1055. OBSERVATION. Le feu ſe communique en deux manieres fort différentes, qu'on ne peut confondre ſans détruire toute la théorie de cet élément. Ces deux manieres ſont relatives au double état ſous lequel nous venons de le conſidérer, à ſon état de liberté, & à ſon état de combinaiſon. Le feu pur ſe communique par voie de diviſion: le feu combiné ſe communique par voie de production.

I°. *Le feu ſe communique par voie de diviſion.* C'eſt ainſi qu'un fer fortement chauffé communique ſa chaleur à un corps quelconque auquel on l'applique; qu'une quantité d'eau bouillante, verſée dans une certaine quantité d'eau froide, partage ſa chaleur avec cette derniere; qu'un air brûlant imprime ſa chaleur aux corps qu'il environne. Cette communication du feu n'a rien de remarquable: elle eſt ſoumiſe en tout aux loix générales de la communication du mouvement (321). Le corps qui communique la chaleur, en perd préciſément autant qu'il en donne: le corps qui reçoit la chaleur, n'en acquiert qu'autant qu'en perd le corps qui l'échauffe. Si ſur une pinte d'eau froide, on verſe une pinte d'eau chaude; l'excès de chaleur ſera diviſé

également dans les deux pintes d'eau, dont la maſſe ſera de moitié moins chaude que la derniere pinte. Si ſur cinq pintes d'eau froide, on verſe une pinte d'eau chaude; l'excès de chaleur ſera diviſé également dans les ſix pintes, dont la maſſe n'aura qu'un ſixieme de la chaleur qu'avoit l'eau chaude. Cette maniere de ſe communiquer, convient au feu pur, au feu libre & déja en action.

II°. *Le feu ſe communique par voie de production & d'accroiſſement.* Une étincelle, échappée du ſein d'un caillou, embraſe l'amadou, l'allumette, un tas de bois, une forêt entiere. Quel accroiſſement de mouvement & de force, dans cette communication du feu! Cette maniere de ſe communiquer, convient au feu combiné, au phlogiſtique; & nous allons en donner une explication qui paroîtra peut-être moins une hypotheſe, que la théorie même de la nature.

LA COMBUSTION DES CORPS.

1056. OBSERVATION. Nous avons déja fait voir comment le feu ſe combine avec les différentes ſubſtances (1053); comment il devient partie conſtituante ou un des principes des corps; comment il ſe trouve ſans mouvement & ſans action dans ces corps. Il s'agit maintenant d'expoſer comment le feu ſe dégage de cet état de combinaiſon, avec un ſi grand accroiſſement de forces.

D'abord, le feu, par ſa nature, tend à être libre & en action: mais cette tendance à l'action & au mouvement, peut être arrêtée & captivée par une *affinité* plus ou moins grande du feu

avec certaines ſubſtances : c'eſt l'état du feu combiné, ou du phogiſtique. Chaque élément du feu eſt retenu & captivé plus ou moins fortement, par un élément de différente matiere, auquel il eſt intimément uni, & avec lequel il a une plus ou moins grande affinité.

Enſuite, cette adhérence des éléments ignés aux éléments des autres ſubſtances, adhérence toujours proportionnelle à l'affinité plus ou moins grande qui l'occaſionne, peut varier conſidérablement. Car en ſuppoſant que la tendance naturelle du feu au mouvement, ſoit captivée & détruite par la force d'affinité qui l'unit à des éléments d'une autre eſpece ; il eſt clair que cette tendance naturelle du feu au mouvement, doit être toujours moindre que la force d'affinité qui la combat & la détruit ; & que cette force d'affinité, qui enchaîne & captive les éléments ignés, peut ou *n'excéder que fort peu*, ou *excéder notablement*, la tendance naturelle du feu élémentaire au mouvement : delà une double explication, relative au double état du feu élémentaire, combiné avec d'autres ſubſtances.

Corps facilement combuſtibles.

1057. EXPLICATION I. Dans le *premier cas*, où la tendance naturelle du feu au mouvement, ne cede que fort peu à la force d'affinité qui l'enchaîne & la captive ; chaque élément igné n'éprouve qu'une réſiſtance à peu près égale à ſon action, ou peu ſupérieure à ſon action : enſorte que ſi cette action des éléments ignés, ou cette tendance naturelle qu'ils ont au mouvement, venoit à être augmentée de quelque maniere

maniere que ce ſoit, tous ces éléments captifs romproient leurs chaînes, ſe ſouſtrairoient à l'affinité qui les captive, ſe mettroient en liberté & en mouvement. C'eſt l'état de l'amadou, de la poudre à canon, de tous les corps très-facilement inflammables; dans leſquels la force attractive d'affinité n'excede que fort peu la force expanſive & exploſive, qu'ont naturellement les éléments ignés qui ſe trouvent combinés avec les autres principes de ces corps.

I°. Une étincelle, qui n'eſt autre choſe qu'un petit ballon de feu dégagé du ſein d'un caillou, vient-elle à tomber ſur de l'amadou, par exemple? Ce petit ballon de feu rencontre dans cette ſubſtance facilement combuſtible, un élément de feu qui n'y eſt retenu & captivé que par une force attractive à peu près égale à ſa force expanſive, ou qui du moins n'excede pas conſidérablement ſa force expanſive ou ſa tennance naturelle au mouvement. Quand l'action ou la tendance au mouvement, qu'a naturellement cet élément de feu heurté par l'étincelle, eſt doublée ou triplée par le choc de l'étincelle, qui lui imprime une force oppoſée à celle qui le fixe & le lie; alors cet élément igné, auparavant enchaîné dans l'amadou, ſe trouve en état de vaincre la force attractive ou l'affinité qui le captivoit: il ſe dégage & s'échappe de ſes chaînes, il ſe remet en liberté & en mouvement; il s'élance & avec ſa force intrinſeque & avec la force que lui a communiqué l'étincelle, dans les parties contiguës de l'amadou, où ſe trouvent par-tout d'autres ſemblables éléments ignés, dont l'action ou la tendance naturelle au mouvement, n'eſt arrêtée que par des obſtacles

à peu près égaux ou peu ſupérieurs à leur tendance au mouvement. Ces nouveaux éléments aidés par l'impulſion de l'étincelle, par l'impulſion du premier élément dégagé & mis en jeu par l'étincelle, par l'impulſion toujours croiſſante des différents éléments ignés qui ſe dégagent ſucceſſivement & s'élancent de toute part dans la ſubſtance de l'amadou, reprennent tour à tour leur liberté & leur action; & vont ſucceſſivement de proche en proche, par le même méchaniſme, dégager d'autres éléments captifs, juſqu'à ce que tous les éléments ignés, combinés avec d'autres éléments dans l'amadou, aient repris leur liberté & leur action.

Pour nous former une image ſenſible de ce dégagement des éléments ignés, concevons dix ou douze cubes de plomb, ſuſpendus ſéparément les uns au-deſſus des autres, chacun par un fil tranſverſal qui n'ait guere que la force ſuffiſante pour ſoutenir un de ces cubes. Chaque cube a une tendence naturelle à rompre l'obſtacle qui le retient, & qui n'a guere que la force qu'il faut pour le retenir. Que le cube le plus haut vienne à recevoir accidentellement une augmentation de force contre le fil qui le retient : il rompra ſon fil; il tombera ſur le ſecond cube, qui rompra de même le fil par lequel il étoit arrêté. Ces deux premiers cubes, rendus à leur action naturelle, tombent ſur le troiſieme, & l'emportent avec eux ſur le quatrieme & ſur tous les ſuivants juſqu'au dernier, avec une ſomme de forces toujours croiſſante. Plus il y aura de cubes ainſi arrêtés & ſuſpendus, plus leur effort commun, après leur dégagement général, ſera efficace & puiſſant.

Ou bien, concevons un fluide très-élaſtique, enfermé dans une infinité de petits globes creux d'un verre très-mince, poſés les uns ſur les autres, & qui n'aient chacun que la force néceſſaire pour captiver le fluide. Si un de ces globules vient à être heurté par une cauſe extrinſeque, il ſe briſe : le fluide élaſtique, rendu à ſon action, s'arme de ſes débris, s'élance contre le globule voiſin, lequel s'entr'ouvre à ſon tour, & eſt dardé par ſon fluide ſur d'autres globules : & ainſi de proche en proche, toutes les portions du fluide auparavant captivé, reprennent leur force & leur action, & font un effort général & commun contre tout ce qui s'oppoſe à leur libre expanſion.

II°. Le même artifice ou le même méchaniſme naturel, qui embraſe l'amadou, produit l'inflammation de la poudre à canon, avec cette double différence : premierement, que dans la poudre à canon, la force attractive d'affinité, qui unit les éléments ignés avec le ſoufre & le charbon (823), paroît plus foible que la force attractive qui unit les éléments ignés avec l'amadou : ſecondement, que le ſoufre & le charbon, qui entrent dans la compoſition de la poudre, paroiſſent ſe charger d'une plus grande quantité d'éléments ignés, que la ſubſtance qui compoſe l'amadou.

Cette derniere particularité n'eſt qu'une ſuite ou une conſéquence de la théorie de l'affinité. Nous avons obſervé ailleurs, que l'affinité n'eſt pas la même entre toutes les ſubſtances ; que l'eau, par exemple, ſe charge plus abondamment de certains ſels, que de certains autres ; que l'eau régale, qui attire fortement l'or, n'at-

tire pas de même l'argent. Pourquoi le ſoufre & le charbon ne pourroient-ils pas ſe charger de même d'une plus grande quantité d'éléments ignés, que l'amadou; en ſuppoſant que le ſoufre & le charbon ont avec le feu élémentaire une plus grande affinité, que la ſubſtance de l'amadou? Dans cette ſuppoſition très-vraiſemblable, le ſoufre & le charbon ſaturés de feu, contiendront une beaucoup plus grande quantité de cet élément combiné avec eux, que n'en contiendra l'amadou également ſaturée de cet élément.

Corps difficilement combuſtibles.

1058. EXPLICATION II. Dans le *ſecond cas*, où la tendance du feu au mouvement eſt notablement moins grande que la force d'affinité qui l'unit aux différentes ſubſtances; chaque élément igné eſt enchaîné & captivé par une force qui excede conſidérablement ſa tendance naturelle au mouvement, & ne peut ſe dégager & & ſe mettre en liberté que par le moyen d'un très-grand accroiſſement de force oppoſée à celle qui le captive: c'eſt l'état des corps moins facilement inflammables que ceux dont nous venons de parler; tels que les huiles, les graiſſes, les bois, qu'une ſimple étincelle n'enflamme point immédiatement.

I°. *Un corps plus difficilement inflammable, tel que le bois eſt une combinaiſon de feu élémentaire & de différentes ſubſtances*, qui en vertu d'une très-forte affinité ou attraction, retiennent & enchaînent fortement les éléments ignés combinés avec elles. Il faut donc qu'une notable quantité de feu élémentaire, libre & dégagé, s'applique à une

bûche, pour que ces éléments ignés, captifs dans ſon ſein, puiſſent rompre les obſtacles qui enchaînent leur action; puiſſent reprendre leur liberté, & s'élancer de proche en proche, avec une force toujours croiſſante, contre les éléments ignés qui reſtent diſperſés & fortement captivés dans la même bûche déja en partie enflammée & conſumée.

La bûche & l'amadou s'enflamment de la même maniere: mais les éléments ignés, combinés avec ces deux eſpeces de corps, ont beſoin d'une plus grande force étrangere, pour rompre l'union qu'ils ont avec la bûche, que pour rompre l'union qu'ils ont avec l'amadou.

II°. *Le bois ſec brûle mieux que le bois verd ou humide:* parce que dans ce dernier, les ballons de feu intérieur ſont par-tout comme enveloppés d'un rempart d'eau, qui détruit en partie l'action du feu libre & dégagé qui tend à les mettre en liberté & en action.

III°. *Le bois trop vieux brûle moins bien, qu'un bois moins uſé de vétuſté:* parce que dans ce dernier, l'évaporation de la partie aqueuſe a trop ouvert les pores, a trop écarté les parties terreuſes & ſalines, a donné lieu à une trop grande diſſipation des molécules ignées.

IV°. *Tel bois, toutes choſes étant égales d'ailleurs, brûle mieux que tel autre bois:* ſoit parce que le premier contient une plus grande abondance de particules ignées, comme la poudre en contient plus que l'amadou; ſoit parce que dans le premier, les molécules ignées ont moins d'adhérence aux molécules ſalines & terreuſes, que dans le ſecond; comme dans l'amadou elles en

ont moins que dans d'autres ſubſtances plus difficilement inflammables.

V°. *Une bougie allumée ſe conſume juſqu'au bout :* parce que la cire dont elle eſt formée, eſt une combinaiſon de ſubſtances ſaturées d'une très-grande quantité de molécules ignées, qui ne ſont retenues dans la cire que par une médiocre force attractive, & que la flamme de la meche met en état de ſe dégager ſucceſſivement des liens qui les captivent. On peut dire la même choſe de l'huile, qui nourrit la flamme d'une lampe.

VI°. *L'eau ne brûle point comme l'huile :* parce que l'eau, qui ſeule & iſolée n'a point ou preſque point d'affinité avec le feu élémentaire, ne combine point ſes molécules avec les molécules de cet élément. Pour que l'élément de l'eau puiſſe ſe combiner avec l'élément du feu, il faut que l'eau ſoit combinée elle-même avec d'autres ſubſtances, qui la préparent & la diſpoſent à s'unir avec l'élément du feu; comme cela arrive dans les huiles, dont la plus grande partie eſt aqueuſe.

VII°. *Il y a des pierres igneſcentes, ou des pierres plus propres à donner des étincelles de feu :* ſoit parce que les ſubſtances qui forment ces pierres, contiennent une plus abondante quantité de molécules ignées; ſoit parce que le feu combiné avec ces ſubſtances, y eſt moins fortement adhérent que dans les autres eſpeces de pierres.

Le choc d'une de ces pierres contre un acier trempé fait jaillir des étincelles : parce que le choc, ou cette ſomme de mouvement, augmente & fortifie la tendance au mouvement

qu'ont les molécules ignées combinées avec le caillou ; & donne aux molécules ignées qu'il heurte, une force ſuffiſante, pour les dégager de la force attractive, ou de la force d'affinité, qui les retient.

VIII°. Pour la même raiſon, *tout frottement ou mouvement conſidérable, peut occaſionner l'embraſement des corps combuſtibles*, en dégageant & en mettant en action les molécules ignées qui y ſont captivées ; & qui, en devenant libres par le mouvement que leur imprime & que leur ajoute le frottement, vont unir leur force impulſive & exploſive à d'autres molécules ignées contenues dans ce corps, & déja diſpoſées & préparées par leur tendance naturelle au mouvement, à rompre leurs liens & à reprendre leur liberté.

Si le frottement ou le mouvement peut embraſer les corps, à plus forte raiſon pourra-t-il contribuer à y entretenir ou à y augmenter un certain degré de chaleur : c'eſt ce que nous éprouvons ſenſiblement dans tout exercice un peu violent. Les molécules ignées, combinées avec toute notre ſubſtance, s'élancent & ſe diſſipent en tout ſens ; augmentent le feu intérieur, déja dégagé & en action ; & entraînent, en ſe diſſipant au dehors par nos pores entr'ouverts, une foule de ſubſtances différentes, connues ſous le nom général de tranſpiration & de ſueur.

IX°. *L'air, dardé avec impétuoſité du ſein d'un ſoufflet, anime un grand feu, & éteint une bougie.* Il anime un grand feu : parce qu'il darde en torrents impétueux le feu libre & déja en action, contre le feu qui reſte à dégager dans les matieres qui ſervent d'aliment au feu. Il éteint une bougie : parce qu'il emporte & diſſipe tout le

feu libre & dégagé, qui pourroit ſervir à dégager le feu encore enchaîné & captif dans la bougie.

Le feu qui s'accumule dans un corps & qui en embraſe librement le phlogiſtique, y prend ſans ceſſe une nouvelle force; comme nous venons de l'expliquer. Et quand cette force eſt parvenue à un certain point, ce feu accumulé & rendu à ſon action, rompt toutes les barrieres qui le captivent; s'arme de toutes les matieres étrangeres qu'il rencontre ſur ſa route; les darde & les diſſipe en différents ſens, avec une impétuoſité proportionnelle à ſa denſité; & produit ſur les corps environnants, des ſecouſſes immenſément plus grandes, que s'il ſe fût échappé ſeul & iſolé, ſans entraîner des ſubſtances étrangeres qui prennent ſa vîteſſe & lui prêtent leur maſſe; d'où réſulte une très-grande ſomme de mouvement ou de force motrice. (269.)

OBJECTIONS A RÉFUTER.

Toute théorie du feu ſouffre néceſſairement de très-grandes difficultés. Celle que nous venons de donner, paroît la plus ſimple, la plus naturelle, la plus ſatisfaiſante : nous allons tâcher de réſoudre les principales objections qu'on peut faire contre elle.

1059. OBJECTION I. La lumiere & le feu ne ſont point une ſeule & même ſubſtance : puiſque la lumiere & le feu ont des propriétés diamétralement oppoſées & évidemment incompatibles; comme il eſt aiſé de s'en convaincre. Car 1°. le feu pénetre des corps qui ſont impénétrables à la lumiere; par exemple, une platine ou une

épaiſſe maſſe de fer. 2°. Il y a du feu ſans lumiere, comme dans l'eau bouillante, ou dans un fer échauffé; & de la lumiere ſans feu, comme la lumiere des phoſphores, ou la lumiere de la lune, qui recueillie & concentrée en un même foyer par le moyen d'une grande loupe, n'occaſionne aucune variation dans un thermometre. 3°. La lumiere ne ſe propage qu'en lignes droites : le feu au contraire ſe propage en tout ſens & ſelon toute direction, comme le ſon. 4°. La lumiere s'affoiblit toujours; le feu, au contraire, s'augmente ſouvent, en ſe communiquant. Donc la lumiere & le feu ſont deux ſubſtances auſſi différentes l'une de l'autre, que l'air le peut être de l'eau ou de la lumiere.

RÉPONSE. Un *même être*, en ſe montrant ſous différentes modifications, ſemble d'abord prendre deux natures différentes. Par exemple, l'air condenſé ſous une machine pneumatique, étouffe un animal ; l'air extérieur le vivifie : dira-t-on que ce ſont là deux différentes eſpeces d'air ; parce qu'elles produiſent des effets contraires, la vie & la mort dans le même ſujet ? De même, l'air libre, tel que nous le reſpirons, eſt fluide & élaſtique : l'air combiné avec les corps, dont il fait partie conſtituante, paroît fixe & ſans élaſticité (730) : dira-t-on que le premier eſt de différente eſpece que le ſecond; parce que celui-là ſe montre ſous des propriétés, que des obſtacles invincibles empêchent de ſe développer dans celui-ci ? Après cette obſervation générale, qu'on pourroit faire également ſur une foule d'autres corps de même eſpece, nous allons examiner en détail toutes les parties de l'objection.

I°. *Le feu, dit-on, pénetre des corps impénétrables à la lumiere.* Je réponds que la lumiere & le feu élémentaire pénetrent les mêmes corps, & ſont répercutés par les mêmes corps. La lumiere du ſoleil, en tombant ſur la ſurface d'un miroir de métal qui la réfléchit, échauffe la premiere couche de cette ſurface : cette premiere couche communique ſa chaleur à la ſeconde, la ſeconde à la troiſieme, & ainſi de ſuite, juſqu'à la derniere, qui communique de proche en proche ſa chaleur à tous les fluides environnants.

Le phlogiſtique, ou le feu combiné & non libre, qui ſe trouve ou dans ce miroir ou dans la platine d'une cheminée, agité par le feu du ſoleil ou par le feu des charbons, éprouve une fermentation dans l'intérieur de ces corps, & facilite l'action de la lumiere ou du feu qui agit ſur leur ſurface, & qui s'inſinue en partie dans leurs pores. Quand ces corps ſont échauffés juſqu'à l'incandeſcence, ils deviennent lumineux : parce qu'alors il ſort à travers leurs pores plus ouverts, une aſſez grande quantité de lumiere ou de feu élémentaire, pour ébranler ſenſiblement l'organe de l'œil. Quand ces corps ne ſont pas échauffés juſqu'à l'incandeſcence, & qu'ils ſe trouvent dans un lieu ténébreux, l'œil ne les apperçoit point : parce que la quantité de lumiere ou de feu élémentaire qui s'échappe de leur ſein, n'eſt point ſuffiſante pour ébranler ſenſiblement l'organe de la vue, & pour y former des images des objets. La chaleur que l'on ſent derriere une platine, eſt proprement la chaleur de l'air environnant, qui prend ſucceſſivement par communication la chaleur de la platine, & la communique aux différentes parties

de notre corps qu'il vient affecter par la vertu élaſtique. Cette partie de la platine ne darde point ou ne darde qu'infiniment peu de feu pur; quoiqu'elle darde beaucoup d'autres fluides, que l'action du feu libre fait entrer & ſortir ſucceſſivement par ſes pores.

II°. *L'eau bouillante, dit-on, a beaucoup de feu, & n'a point de lumiere.* Je réponds que la chaleur de l'eau bouillante eſt une chaleur communiquée à ce corps, par la lumiere ou le feu libre & élémentaire, qui a exercé ſon action ſous la chaudiere. L'eau bouillante ne donne point de lumiere : parce qu'elle ne darde point de ſon ſein une ſuffiſante quantité de feu pur, pour affecter l'organe de la vue. Le feu qui s'en échappe, encore mêlé & peut-être combiné avec les vapeurs qu'il emporte, eſt privé de cet état de liberté & de décompoſition, où il doit ſe trouver pour être lumineux.

III°. *Il y a, dit-on, de la lumiere ſans feu; telle que la lumiere des étoiles, de la lune, de certains phoſphores.* Je réponds que la lumiere en queſtion eſt un vrai feu; mais un feu à rayons trop affoiblis, trop peu denſes, pour produire ſon effet de combuſtion; quoiqu'il ait encore aſſez de force & de denſité, pour produire ſon effet d'irradiation. Ces deux effets d'un même principe, peuvent dépendre de conditions qui ſoient tantôt réunies & tantôt ſéparées dans le même principe. (1052.)

IV°. *La lumiere, dit-on encore, ne ſe propage qu'en lignes droites; & le feu ſe propage ſelon toute direction.* Je réponds que la lumiere & le feu élémentaire ne ſe propagent qu'en lignes droites. Le feu qui ſe propage autrement qu'en lignes

droites, n'eſt point le feu pur, le feu élémentaire, le feu dégagé de toute ſubſtance étrangere à ſa nature. C'eſt ou un *amas de fluides échauffés*, que l'action du feu élémentaire diſſipe, & qui, ſelon la nature du commun des fluides, vont en tout ſens & ſelon toute direction, ſe mettre en équilibre avec les fluides de leur eſpece; ou des *tourbillons de phlogiſtique*, encore unis & combinés avec les ſubſtances atténuées où ils fermentent, & où ils font effort pour s'en dégager; tourbillons qui, ſelon les loix de la gravitation & de l'hydroſtatique, doivent ſe répandre & ſe diſtribuer dans la maſſe de l'air, comme tous les fluides plus ou moins ſenſiblement gravitants.

V°. *La lumiere, dit-on enfin, s'affoiblit en ſe communiquant; au lieu que ſouvent le feu s'augmente.* Je réponds que la lumiere & le feu élémentaire s'affoibliſſent toujours en ſe communiquant, quand ils ne ſont point aidés par une cauſe propre à augmenter leur activité intrinſeque; & que l'une & l'autre s'augmentent également en ſe communiquant, quand une cauſe préexiſtante favoriſe leur action dans les corps qu'ils atteignent. Une éteincelle, qui s'échappe du ſein d'un caillou, n'a qu'une petite lumiere & qu'un petit feu: cette étincelle, reçue ſur un magaſin de poudre à canon, ſe convertit à la fois & en une très-grande lumiere & en un très-grand feu, par le méchaniſme que nous avons développé plus haut. (1057.)

Il réſulte de tout cela, que les raiſons par leſquelles on attaque l'identité de nature entre la lumiere & le feu élémentaire, ne ſont rien moins que triomphantes & déciſives; & que ces objections, quoique très-embarraſſantes,

ne font perdre au ſentiment que nous adoptons, aucun degré de vraiſemblance.

1060. OBJECTION II. Si la lumiere & le feu ſont une ſeule & même ſubſtance, la chaleur devroit croître de jour en jour, de ſiecle en ſiecle, ſur la terre; à cauſe de l'immenſe quantité de feu qui lui vient ſans ceſſe du ſoleil.

RÉPONSE. La lumiere ou le feu élémentaire, que le ſoleil darde ſans ceſſe ſur la terre, s'en échappe à peu près dans la même proportion qu'il y arrive : il ne doit donc point s'accumuler & s'augmenter de ſiecle en ſiecle, dans notre globe.

I°. La lumiere émanée du ſoleil, eſt réfléchie en très-grande partie loin de notre globe, par les ſurfaces impénétrables qu'elle rencontre : cette partie du feu élémentaire que nous envoie le ſoleil, ne doit donc pas augmenter la maſſe de feu qui pénetre & anime notre globe.

II°. La partie de la lumiere émanée du ſoleil, qui reſte comme empriſonnée dans les pores des corps où elle s'engouffre & s'engloutit, ſe combine ſans ceſſe avec les différentes productions de la nature, dont elle devient partie conſtituante en qualité de feu principe des corps. Parmi ces productions de la nature, dont le feu élémentaire fait partie conſtituante, la fermentation, la putréfaction, la combuſtion, en décompoſent chaque jour une immenſe quantité ; & le feu combiné avec la ſubſtance de ces corps, en reprenant ſa liberté, en redevenant lumiere ou feu élémentaire, s'en échappe avec la vîteſſe affectée à la lumiere, avec une vîteſſe qui lui fait parcourir en une ſeconde de tems, ſi rien ne l'arrête, un eſpace de plus

de 62222 lieues (895), & qui l'emporte ſans retour bien loin de notre globe. Combien de jours & d'années n'a-t-il pas fallu à la nature, pour accumuler & pour combiner dans la bûche qui ſe conſume actuellement ſur mes chenets, cette immenſe quantité de feu élémentaire, qui en ſort en une demi-heure; & dont une grande partie, celle qui n'eſt point arrêtée par des obſtacles impénétrables, eſt en un inſtant perdue pour notre globe !

Il eſt donc facile de concevoir comment, malgré l'immenſe quantité de lumiere ou de feu élémentaire, que le ſoleil darde ſans ceſſe ſur notre globe, la chaleur n'y prend pas des accroiſſements ſenſibles d'une année à l'autre : puiſque dans ce commerce de feu élémentaire, notre globe doit perdre d'une part, à peu près autant qu'il gagne de l'autre.

1061. OBJECTION III. Toute matiere eſt ſoumiſe aux loix de la gravitation : le feu, qui a ſa tendance naturelle de bas en haut, n'eſt point ſoumis aux loix de la gravitation ; donc le feu n'eſt point matiere.

RÉPONSE. La loi de gravitation, comme le reconnoiſſent tous les phyſiciens & comme nous le reconnoiſſons avec eux, eſt une loi générale de la nature, qui affecte indifféremment tous les corps : le feu élémentaire n'en eſt pas plus exempt, que l'or & le plomb.

Le feu élémentaire, le feu libre & dégagé, en vertu de ſon mouvement toujours permanent, a ſa tendance naturelle en tout ſens. S'il paroît avoir une tendance ſpéciale à ſe porter vers le zénith ; c'eſt parce que, ſelon les loix générales de l'hydroſtatique, les fluides moins

denſes & moins gravitants s'élevent au-deſſus des fluides plus denſes & plus gravitants, en vertu de la gravitation même. (652.)

Si le feu pur, en s'inſinuant & en s'accumulant dans certains corps, ſemble les rendre plus légers & moins gravitants; c'eſt parce qu'il les dilate, & qu'il leur ajoute plus en volume, qu'il ne leur ajoute en poids réel. C'eſt ainſi que l'air, en s'inſinuant dans une veſſie, la rend ſpécifiquement plus légere; quoique l'air que la veſſie acquiert, ſoit intrinſéquement gravitant & peſant par lui-même. (687.)

1062. OBJECTION IV. Dans la théorie que nous donnons du feu élémentaire, nous ſuppoſons que le feu eſt un fluide toujours en mouvement, ou un fluide toujours doué d'une tendance naturelle au mouvement. Mais d'où peut venir au feu, cette permanente activité? Comment & pourquoi cette matiere n'a-t-elle pas, comme la terre & l'eau, l'inertie en partage? Lui ſuppoſer une permanente activité, n'eſt-ce pas introduire dans la phyſique un effet ſans cauſe? N'eſt-ce pas avancer un fait, ſans preuve, ſans fondement, ſans vraiſemblance?

RÉPONSE. La difficulté qu'on objecte contre le ſentiment que nous venons d'expoſer & de développer ſur la théorie du feu, eſt une difficulté commune à toute opinion & à tout ſyſtême ſur cette matiere. Il eſt démontré par les effets du feu, que le feu eſt une ſubſtance toujours en mouvement, ou toujours douée d'une tendance naturelle au mouvement: voilà un point fixe, un phénomene certain, d'où il faut partir dans toute théorie poſſible ſur la nature du feu; quelques difficultés qui puiſſent en découler.

Supposer au feu élémentaire ce mouvement permanent, ou cette permanente tendance au mouvement, ce n'est donc pas supposer un fait sans fondement & sans vraisemblance. Nous allons faire voir que ce n'est pas non plus supposer un effet sans cause; & qu'il n'est pas impossible d'assigner la cause permanente de cet effet permanent.

I°. Reconnoître que la volonté du Créateur est la cause primitive, l'unique cause efficiente de tout mouvement dans la nature, c'est adopter un principe qu'avoue la raison (76); c'est adopter une vérité qu'adoptent aujourd'hui presque tous les philosophes. Dans cette hypothese, très-vraisemblable & très-philosophique, la matiere du feu, ainsi que toute autre matiere, aura intrinséquement & par sa nature l'inertie en partage; & ne devra l'activité permanente qui l'anime, qu'à l'action du Créateur qui lui imprime persévéramment le mouvement ou la tendance au mouvement.

II°. Que le Créateur, pour entretenir l'action générale de la nature, ait décerné que le feu seroit toujours en mouvement; ou qu'il ne perdroit son mouvement, que quand il se combineroit avec d'autres substances! Dans cette hypothese, très-simple & très-vraisemblable, le feu pur, le feu élémentaire, le feu non combiné, sera un fluide toujours en mouvement; & son mouvement sera le grand mobile & le grand ressort de toute la nature. Dans le feu élémentaire, ainsi que dans tout autre corps, le mouvement ou la force motrice sera le produit de la masse par la vîtesse: ce mouvement du feu, ainsi que tout autre mouvement, sera donc susceptible

ſuſceptible de plus & de moins, d'augmentation & de diminution.

III°. Ce mouvement du feu, cette force finie dans ſa nature, peut être captivée ou par une réſiſtance invincible, ou par une force prédominante. Le feu élémentaire, malgré ſa tendance permanente au mouvement, pourra donc ou *être comme empriſonné* dans des cavités ſans iſſue; & dans ce cas il aura un mouvement tourbillonnant en ligne courbe; ou *être comme enchaîné* par une force ſupérieure & oppoſée d'affinité ou d'attraction; & dans ce cas, ſon mouvement ceſſera, ſans que ſa tendance au mouvement ceſſe; comme un caillou ſuſpendu en l'air par un fil, perd ſon mouvement de gravitation, ſans perdre ſa tendance au mouvement de gravitation.

Tel eſt, en derniere analyſe, le fond d'idées que nous venons de donner ſur la théorie du feu. Il eſt clair que ce fond d'idées ne préſente rien d'abſurde & d'antiphiloſophique; & que la ſuccinte théorie du feu qu'il renferme, eſt très-conforme & à la nature & à la raiſon.

LE FROID EN LUI-MÊME, ET DANS LES DIFFÉRENTES CONTRÉES.

1063. OBSERVATION. Le froid n'eſt autre choſe que l'abſence ou la privation du feu libre ou du feu en action; comme les ténebres ne ſont autre choſe que l'abſence ou la privation de la lumiere. Plus il y a de feu élémentaire en action & en mouvement dans un corps, plus les parties intégrantes de ce corps ſont échauffées: moins il y a de ce feu dans un corps, plus les parties in-

tégrantes de ce corps ſont froides. S'il n'y avoit abſolument point de ce feu libre & en action dans un corps, ce corps auroit un froid infini, ou un froid le plus grand qui ſoit poſſible dans la nature.

I°. *Il n'y a point de froid infini, ou de totale privation de feu libre & en action, dans la nature.* Les corps les plus froids retiennent toujours une certaine quantité de ce feu élémentaire, logé & interpoſé dans leurs pores, ſans être combiné avec eux. A meſure que ce feu libre & en action s'échappe du ſein de ces corps, le froid y augmente. Une eau qui vient de ſe glacer, expoſée à un air beaucoup plus froid qu'elle, acquiert un nouveau degré de froidure: parce que le reſte de feu élémentaire qu'elle contient encore dans ſes pores, continue à s'échapper en partie de ſon ſein, pour ſe mettre en équilibre avec le feu élémentaire qui ſe trouve plus affoibli & plus raréfié dans la maſſe de l'air environnant; ſelon la loi commune à tous les fluides qui ont une vertu expanſive.

II°. *Les corps placés dans un même degré de température, prennent peu à peu le même degré de chaleur ou de froidure.* Par exemple, une pinte d'huile bouillante & une pinte d'eau glacée, placées dans une cave ou le thermometre ſe ſoutient à dix degrés au-deſſus de la congelation, après un certain tems, auront chacune une température égale à celle qu'a l'air de cette cave. La raiſon en eſt, que le feu excedent de l'huile bouillante s'échappe dans l'air, pour ſe mettre en équilibre avec le feu moins denſe & plus raréfié qui ſe trouve dans cet élément; & que l'excès de chaleur de l'air paſſe dans l'eau glacée, pour ſe

mettre en équilibe avec le feu moins denſe & plus affoibli qui ſe trouve dans cette eau, laquelle reprend peu à peu ſa fluidité naturelle.

III°. Quand dans un même degré de température, on trouve certains corps qui ont un plus grand degré de chaleur que l'air environnant ; ces différences ſont toujours occaſionnées par des *cauſes accidentelles* qu'il n'eſt pas bien difficile de découvrir. Par exemple, un tas de fumier eſt fumant & brûlant, au milieu d'un air glaçant qui l'environne ; parce que cette ſubſtance éprouve actuellement des fermentations intrinſeques, qui décompoſent, qui mettent en liberté & en action, le feu combiné avec les matieres animales & végétales. Le feu combiné, le phlogiſtique, fait dans un tas de fumier ce qu'il fait dans une bûche placée ſur des charbons ardents : dégagé & mis en action par une cauſe quelconque, il contribue à dégager & à mettre en action celui contre lequel il concentre ſa force expanſive. C'eſt à de ſemblables fermentations, & non à un chimérique feu central, que doivent être attribués les feux ſouterreins, les feux des volcans & de certaines mines.

IV°. Quand dans un même degré de température, on trouve des corps qui ont un moindre degré de chaleur que l'air environnant ; cette différence eſt encore occaſionnée par des *cauſes accidentelles*, qui ont priſe ſur une eſpece de corps, ſans avoir priſe ſur une autre. Par exemple, l'eau ſe glace quelquefois dans un degré de température où le thermometre ſe ſoutient au-deſſus du degré de la congélation : parce que cette eau ſe trouve accidentellement imprégnée de certains ſels, de certaines ſubſtances, propres

à attirer & à abſorber le feu élémentaire répandu dans ſes pores. (614, IV°.)

V°. *Les liquides ne ſe gelent pas tous au même degré de froid* : parce que les uns ont beſoin d'une plus grande, & les autres d'une moindre condenſation, pour que leurs parties intégrantes acquierent ou la contiguïté ou le degré de proximité, qui doit produire leur adhérence réciproque (221). L'eau ſe glace plutôt que le mercure: parce que la quantité de feu élémentaire, qui ſuffit pour déſunir les molécules du mercure, ne ſuffit pas pour déſunir les molécules de l'eau; celles-ci ayant plus de tendance à s'unir & à adhérer enſemble, que celles-là. Dans une planete ſemblable à la terre, où regneroit une immenſe quantité de feu élémentaire, tout ſeroit liquide ou fluide, l'eau, le cuivre, le fer, les cailloux : parce que dans tous ces corps, l'action du feu libre & en mouvement, détruiroit la tendance à s'unir qu'ont les parties intégrantes de ces corps.

VI°. Tout le monde ſait que les entrailles de la terre, quand elles ne ſont pas actuellement ſoumiſes à des fermentations inteſtines, & qu'elles n'ont pas une libre communication avec l'air extérieur, conſervent toujours ſenſiblement, à une plus ou moins grande profondeur, en été comme en hiver, *une même température*, un même degré de chaleur ou de froidure, qui ſoutient le thermometre de Réaumur (211) à environ dix degrés au-deſſus du point de la congelation.

Il n'en eſt pas de même de la ſurface de la terre, où la température varie & doit varier immenſément. Car, indépandemment des cauſes

locales, qui font varier accidentellement le degré de chaleur & de froidure dans une même contrée & dans une même saison; telles qu'une exposition plus ou moins favorable à l'égard du soleil; telles qu'un sol plus ou moins humide, plus ou moins propre à enfanter des brouillards & des nuages; telles qu'une plus ou moins grande quantité de forêts, qui empêchent le feu solaire d'atteindre, de pénétrer, d'échauffer la surface terrestre; il est certain qu'il y a des causes générales & communes, qui doivent produire de très-grandes *différences de température* dans les différentes contrées & dans les différents climats; & que sur la surface terrestre, la température doit varier avec les différentes saisons, avec les différentes latitudes, avec les différentes hauteurs au-dessus du niveau de la mer. D'abord,

VII°. *La température varie avec les différentes saisons.* A Paris, par exemple, nous avons moins de froid ou plus de chaleur en été qu'en hiver: en premier lieu, parce qu'en été le soleil darde chaque jour ses rayons pendant quinze ou seize heures sur notre horison; tandis qu'en hiver il ne darde chaque jour ses rayons sur notre horison, que pendant huit ou neuf heures: en second lieu, parce qu'en été les rayons solaires tombent beaucoup moins obliquement sur nos contrées qu'en hiver; & que moins une pyramide lumineuse est oblique à une surface, plus elle darde de rayons sur chaque portion déterminée de cette surface. Par exemple (*fig.* 24):

En supposant que le point N soit le soleil, que HNK soit une pyramide de lumiere, & que

HK & VK ſoient deux miroirs plans d'un pied quarré en ſurface chacun; préſentez perpendiculairement aux rayons ſolaires le verre plan HK d'un pied quarré : ce verre plan recevra une pyramide lumineuſe, dont la baſe ſera d'un pied quarré. Derriere ce verre plan, mettez un ſecond verre plan VH de même ſurface, qui faſſe avec le premier un angle d'environ 45 degrés : le plan incliné à la pyramide lumineuſe ne recevra ſur toute ſa ſurface, que la moitié des rayons ſolaires qui tombent ſur le plan perpendiculaire à la même pyramide lumineuſe. Le plan perpendiculare à la pyramide lumineuſe, recevra donc ſur chaque point ſenſible de ſa ſurface, environ deux fois plus de rayons ſolaires, que le plan contigu, incliné d'environ 45 degrés à la même pyramide lumineuſe; & chaque point ſenſible du plan perpendiculaire ſera quatre fois plus échauffé, que chaque point correſpondant du plan oblique : parce que la lumiere ſolaire, compoſée de rayons dont chacun eſt armé d'un feu qui lui eſt propre, échauffe les corps & en raiſon de la denſité & en raiſon de la proximité de ſes rayons; comme le démontre l'expérience (976). Enſuite,

VIII°. *La température varie avec les différentes latitudes.* Au commencement du printems, par exemple, les contrées terreſtres ſituées à peu près au niveau de la mer ou peu au-deſſus de ce niveau, ont plus de chaleur au Pérou ſous l'équateur, qu'en France à 45 ou 50 degrés de latitude boréale : en premier lieu, parce qu'en ſuppoſant des plaines de part & d'autre, les contrées de l'équateur ſont comme tout autant de plans perpendiculaires aux pyramides lumi-

neuſes, qui les échauffent & en raiſon de la denſité & en raiſon de la proximité de leurs rayons; tandis que les contrées de la France, au commencement du printems, quand le ſoleil fait ſes révolutions diurnes dans le plan ou fort près du plan de l'équateur, ſont comme des plans inclinés de 45 à 50 degrés à ces mêmes pyramides lumineuſes, qui arrivant plus diviſées & plus raréfiées ſur chaque point ſenſible de ces contrées, doivent y produire une chaleur moindre en raiſon de la diminution de denſité & de proximité dans leurs rayons : en ſecond lieu, parce que les pyramides lumineuſes qui tombent ſur les contrées de l'équateur, ſouffrent moins d'affoibliſſement en traverſant perpendiculairement & par le plus court chemin l'athmoſphere terreſtre, que les pyramides lumineuſes qui tombent ſur les contrées de la France en paſſant obliquement & en faiſant un plus long trajet dans la même athmoſphere terreſtre : en troiſieme lieu, parce qu'au commencement du printems, les contrées de l'équateur ont déja une notable quantité de chaleur, que les rayons ſolaires n'ont qu'à augmenter de plus en plus chaque jour; tandis qu'en France la terre oppoſe à la chaleur actuelle des rayons ſolaires, la ſomme de froid qui pendant tout l'hiver a été accumulée plus ou moins avant dans ſa ſurface, & qui n'eſt pas encore diſſipée. Pour les mêmes raiſons, au commencement du printems, les bords de la mer en France auront une moindre ſomme de froid, que les bords de la mer en Norvege & en Laponie à 60 ou 70 degrés de latitude boréale. On peut dire la même choſe des régions ſituées dans l'hémiſphere méridional, où,

tout étant égal d'ailleurs, la température eſt préciſément la même que dans les régions correſpondantes de l'hémiſphere ſeptentrional, à la même latitude; avec cette ſeule différence, que leur été répond à notre hiver, & notre hiver à leur été; & ainſi des autres ſaiſons.

Au commencement de l'été, la chaleur eſt encore moindre au niveau de la mer en France, qu'au niveau de la mer ſous l'équateur en Afrique, en Aſie, en Amérique; quoique le ſoleil n'éclaire & n'échauffe que pendant douze heures chaque jour les contrées placées ſous l'équateur, tandis qu'il échauffe pendant près de ſeize heures chaque jour les contrées de la France. La raiſon en eſt, que ce que la lumiere du ſoleil nous donne de plus en chaleur à raiſon de ſa plus longue durée, n'équivaut pas à ce qu'elle nous donne de moins à raiſon de ſa trop grande obliquité. On peut dire la même choſe des contrées ſituées au-delà du cercle polaire, où la chaleur eſt moindre qu'en France en été; quoique le ſoleil ſoit conſtamment & perſévéramment ſur l'horiſon de ces contrées pendant un certain nombre de jours ou de mois. Enfin,

IX°. *La température varie avec les différentes élévations au-deſſus du niveau de la mer.* Dans une même contrée & dans une même ſaiſon, tout étant égal d'ailleurs, la chaleur eſt la plus grande au niveau de la mer; & elle va en décroiſſant de plus en plus, à meſure qu'on s'éleve de plus en plus au-deſſus du niveau de la mer. Ainſi, dans tous les pays du monde, les ſommets des montagnes ſont les endroits les plus froids (978), ſoit dans la zone torride, ſoit dans

les zones tempérées, ſoit dans les zones glaciales.

Dans la zone torride immédiatement ſous l'équateur, regnent à la fois pendant toute l'année, & les plus grandes chaleurs & les plus grands froids; les plus grandes chaleurs, dans les contrées qui ſont peu élevées au-deſſus du niveau de la mer; les plus grands froids, vers le ſommet de certaines montagnes qui ont plus de 2500 ou de 3000 ou de 3300 toiſes de hauteur perpendiculaire au-deſſus du niveau de la mer; & qui ſont toujours couvertes de neige & de glace, pendant toute l'année, dans la partie de leur hauteur qui excede 2434 au-deſſus de ce niveau de la mer. MM. Bouguer & de la Condamine, dans leur fameux voyage au Pérou, ont obſervé & nous ont appris que ſous l'équateur, les plus grandes chaleurs ſe font ſentir au niveau ou peu au-deſſus du niveau de la mer: que dans la vaſte vallée de Quito, ſituée ſous l'équateur, mais élevée d'environ 1400 ou 1500 toiſes au-deſſus du niveau de la mer (*),

(*) REMARQUE. Selon les obſervations faites au Pérou ſous l'équateur par les académiciens François, qui depuis 1736 juſqu'en 1742 s'y ſont occupés à y meſurer un arc du méridien terreſtre, & à y faire différentes opérations relatives au progrès de l'aſtronomie, de la géographie, de la phyſique, & qui ont eu & tout le tems, & tous les ſecours, & toutes les lumieres néceſſaires pour bien obſerver & pour bien voir; *au niveau de la mer*, le mercure ſe ſoutient dans le barometre à 28 pouces 1 ligne: à *Quito*, à environ 1400 ou 1500 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, il ſe ſoutient à 20 pouces 1 ligne: *au ſommet pierreux de Pichincha*, à environ 2434 toiſes au-deſſus

on jouit d'un printems perpétuel; le thermometre de Réaumur s'y ſoutenant pendant toute l'année, à environ 14 ou 15 degrés au-deſſus du

---

du niveau de la mer, il ſe ſoutient à 15 pouces 11 lignes: *au ſommet pierreux de Chouſſalong*, à environ 2476 toiſes au-deſſus du même niveau de la mer, il ſe ſoutenoit à 15 pouces 9 lignes. Selon les mêmes obſervations, les hauteurs du mercure dans le barometre, ne varient que très-peu dans chaque lieu de la zone torride : la variation, au bord de la mer, n'eſt que d'environ deux lignes & demie ou trois lignes; & à Quito, elle n'eſt guere que d'une ligne. Selon les mêmes obſervations encore, les différentes élaſticités de l'air, au bord de la mer, à Quito, au ſommet pierreux de Pichincha, ſe trouverent exactement proportionnelles à ſes condenſations; ainſi qu'en Europe (691).

Si on applique ici la *regle générale* que nous avons donnée ailleurs pour meſurer les hauteurs des montagnes (738, V°); on trouvera que Quito devroit avoir environ 1735 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, au lieu d'environ 1400 ou 1500 toiſes que lui attribue M. Bouguer; & que le ſommet pierreux de Pichincha devroit avoir environ 3224 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, au lieu de 2434, que lui attribue le même académicien. Mais cet auteur évalue les hauteurs, par le moyen du barometre, d'après une regle qui nous paroît moins exacte que celle que nous avons adoptée, & qui eſt celle qu'a donné dans ces derniers tems, du moins pour les différentes contrées de l'Europe, le célebre Abbé Nollet. La regle d'après laquelle M. Bouguer évalue les hauteurs, ne donneroit qu'environ dix lieues d'élévation à l'athmoſphere terreſtre, qui a certainement une hauteur beaucoup plus conſidérable (741, 743). D'ailleurs, *le terme inférieur conſtant* que le même auteur aſſigne à la neige & à la glace, dans les grandes chaleurs de l'été, paroît avoir en Europe une élévation un peu plus grande que celle à laquelle il le fixe. Ainſi il nous paroît que les différentes hauteurs dont il eſt mention dans la partie de ſon ouvrage que nous allons

point de la congelation : que vers le ſommet des deux chaînes de montagnes qui bordent cette vallée du côté du levant & du côté du couchant, aſſez parallélement à la direction des méridiens, on voit, pendant toute l'année, une plus ou moins large zone de neige & de glace, parallele à la ſurface terreſtre, dont le terme inférieur, dans les plus grandes chaleurs de l'été, eſt à environ 2434 toiſes au-deſſus du niveau de la mer, & dont le terme ſupérieur s'éleve indéfiniment auſſi haut que le ſommet des différentes montagnes, dont la hauteur excede plus ou moins le terme inférieur de la neige & de la glace. Le ſommet pierreux du mont Pichincha & celui du mont Chouſſalong, où MM. Bouguer & de la Condamine ont fait différentes obſervations ſur le pendule à ſecondes, ſur le barometre, ſur la denſité & l'élaſticité de l'air, paroiſſent être les deux plus hautes ſtations où la phyſique puiſſe aller chercher des lumieres : puiſque ces deux montagnes ſont ſituées au voiſinage de Quito, à peu près ſous l'équateur, dans la partie la plus renflée de la terre ; que la premiere ſtation atteint le terme inférieur de la glace ; & que la ſeconde, rarement acceſſible, excede ce terme inférieur de la glace d'environ 42 toiſes. Les montagnes plus élevées, telles

---

citer, doivent être toutes proportionnellement un peu plus grandes. Quelques-unes de ces hauteurs ont été trouvées, il eſt vrai, par des opérations géométriques : mais on ſait que les opérations géométriques ne donnent pas toujours une exacte préciſion au voiſinage de l'horiſon, où la réfraction aſtronomique fait varier fort irréguliérement la marche de la lumiere. (1045, 1231).

que le mont Chimboraço, qui a environ 3217 toiſes de hauteur perpendiculaire au-deſſus du niveau de la mer, telles que le mont Cotopaxi, fameux volcan actuellement embraſé, & dont les bouches s'élevent au-deſſus du terme inférieur de la glace, ſont perpétuellement couvertes de neige, & par là même inacceſſibles dans leurs ſommets.

« La hauteur du ſommet pierreux de Pi-
» chincha, dit M. Bouguer dans la relation de
» ſon voyage au Pérou, eſt à peu près celle du
» terme inférieur conſtant de la neige dans toutes
» les montagnes de la zone torride. J'ai trouvé
» que ce ſommet pierreux eſt élevé au-deſſus du
» niveau de la mer du Sud, de 2434 toiſes. La
» neige tombe beaucoup plus bas : on l'a vu
» même quelquefois, quoique très-rarement,
» tomber à Quito, qui eſt plus de 900 toiſes
» au-deſſous : mais elle eſt ſujette à ſe fondre le
» jour même ; au lieu qu'au-deſſus elle ſe con-
» ſerve dans toute la partie de la Cordeliere que
» j'ai parcourue. Quelques montagnes n'atteignent
» pas ce terme : quelques autres y viennent tou-
» cher, comme Pichincha : d'autres en très-grand
» nombre s'élevent plus haut ; & leur partie ſu-
» périeure eſt continuellement neigée, & par
» conſéquent inacceſſible ; parce que la neige s'y
» convertit en glace. Sa ſurface ne peut pas
» manquer de ſe fondre un peu pendant le jour,
» lorſque la montagne n'eſt point cachée dans les
» nuages. Mais le ſoleil ceſſe-t-il d'agir ? Il ſe
» forme comme du verglas : l'eau paſſe dans les
» interſtices des couches inférieures & s'y gele,
» en rendant la neige extrêmement compacte,
» & en formant un tout ſolide. La ſurface ſe

» durcit en même tems, & devient polie comme » un miroir : ce qui fait qu'il eſt comme impoſ- » ſible de monter plus haut. Ce terme dépend de » trop de diverſes circonſtances, pour n'être pas » ſujet à de grandes irrégularités. Pluſieurs mon- » tagnes dans le Pérou, ont une diſpoſition » prochaine à l'incendie : car preſque toutes ont » été volcans, ou le ſont encore actuellement, » malgré toutes leurs neiges qui ſont ſi propres à » les faire méconnoître. Il eſt certain, outre cela, » que plus la maſſe qui leur ſert de baſe, a de » grandes dimenſions ; plus elle doit leur com- » muniquer de chaleur, & éloigner le terme de » la congelation : puiſqu'il faut preſque conſi- » dérer ces maſſes, comme un ſecond ſol qui » eſt échauffé chaque jour par le ſoleil. D'un » autre côté, la partie neigée, lorſqu'elle eſt » plus grande, produit un effet tout contraire : » elle cauſe à la ronde un plus grand froid, ca- » pable de congeler ou de produire la glace un » peu plus bas. Cependant la différence n'eſt pas » grande, autant que je l'ai pu remarquer ; & » le bas de la neige forme comme une *ligne de* » *niveau* dans toutes les montagnes du Pérou : » de ſorte qu'on peut juger de leur hauteur, par » un ſimple coup-d'œil. . . .

» Mais ſi nous examinons la choſe d'une ma- » niere plus générale, ſi nous portons la vue » ſur tout le globe ; cette ligne n'eſt pas exacte- » ment parallele à la ſurface de la terre : il eſt » évident qu'elle doit aller en deſcendant d'une » maniere graduée, à meſure qu'on s'éloigne de » la zone torride, ou qu'on avance vers les » poles. Cette ligne eſt élevée de 2434 toiſes » au-deſſus du niveau de la mer, dans le milieu

» de la zone torride : elle ne ſera élevée vers » l'entrée des zones tempérées, que de 2100 toi- » ſes en paſſant par le ſommet de Theyde ou du » Pic de Ténériffe, qui a à peu près cette hau- » teur. En France & dans le Chyli, elle paſſera » à 1500 ou 1600 toiſes de hauteur; & conti- » nuant à deſcendre, à meſure qu'on s'éloignera » de l'équateur, elle viendra toucher la terre » au-delà des deux cercles polaires, quoique » nous ne la conſidérions toujours que pendant » l'été.

» On peut appeller cette ligne, celle du » *terme inférieur conſtant de la neige :* car il doit » y en avoir une autre, celle du *terme ſupérieur*, » mais que, ſelon toutes les apparences, les plus » hautes montagnes du monde n'atteignent pas. » S'il y en avoit d'aſſez élevées pour porter » leurs cimes au-deſſus de tous les nuages; ces » plus hautes pointes ſeroient exemptes de neige » dans leurs parties ſupérieures, & on jouiroit » en haut, ſi on pouvoit y parvenir, d'une ſé- » rénité parfaite & perpétuelle, comme on l'a » ſouvent ſuppoſé mal à propos de l'Olympe, » du mont Ararat, & de Theyde ou du Pic de » Ténériffe. Pour me borner ici ſimplement à » dire ce que j'ai vérifié par moi-même; quel- » ques montagnes, qui ont ſervi à nos triangles, » comme Cotopaxi, ont une partie neigée de » 600 ou 700 toiſes de hauteur perpendiculaire. » Il ſeroit inutile d'en nommer pluſieurs autres » qui ſont le long de notre méridienne, de même » que d'autres qu'on trouve de l'un & de l'autre » côté de la riviere de la Magdelaine en venant » vers la mer du Nord juſqu'à Sainte-Marthe. » Chimboraço, qui eſt la plus haute de toutes

» celles que j'ai obſervées & même vues, a » 3217 toiſes au-deſſus de la mer; & ſa partie » neigée eſt de plus de 800 toiſes. Mais ſi les » nuages paſſent quelquefois beaucoup plus bas, » ce qui permet de voir le ſommet de la mon- » tagne au-deſſus; ils paſſent auſſi très-ſouvent » beaucoup plus haut, & quelquefois de 300 » ou 400 toiſes; autant que j'en ai pu juger de » loin, en comparant leur hauteur aux dimen- » ſions de la montagne que j'avois déja meſurée. » En un mot, l'intervalle dans le ſens perpendi- » culaire ou vertical, entre les deux termes, le » ſupérieur & l'inférieur, de la neige, eſt au » moins de 1100 ou 1200 toiſes dans la zone » torride : il faut même augmenter conſidéra- » blement cette hauteur, s'il eſt permis de con- » fondre avec les autres nuages, ceux que forme » quelquefois la fumée des volcans; car je l'ai » vu monter encore 700 ou 800 toiſes plus » haut. Ainſi, ſi l'on s'arrêtoit à ce dernier terme, » & qu'il y eût des montagnes aſſez hautes; on » leur verroit une ceinture ou *zone de glace*, qui » commenceroit à 2440 toiſes au-deſſus du ni- » veau de la mer, & qui finiroit à environ » 4400 toiſes; non pas par la ceſſation du froid, » puiſqu'il eſt certain au contraire que le froid » augmente à meſure qu'on s'éloigne de la terre; » mais parce que les nuages ou les vapeurs ne » peuvent pas monter plus haut ».

X°. On voit ici la fable & la chimere de ce qu'ont imaginé quelques auteurs, ſavoir, qu'il y a des montagnes dont les ſommets placés au-deſſus de la région des nuages, ſont inacceſſibles aux vents, aux pluies, à la neige. Il y a une foule de nuages, qui ſont moins élevés que les ſommets

des hautes montagnes : mais il n'y a point de montagne, au-deſſus de laquelle ne ſe forment ou ne s'élevent des nuages ; puiſque les plus hautes que l'on connoiſſe, ſont couvertes de neige ; & que cette neige a évidemment pour origine, des vapeurs qui ſe ſont élevées au-deſſus d'elles. La hauteur que nous avons aſſignée ailleurs aux nuages (790), eſt celle qu'ils ont au-deſſus des contrées qu'ils couvrent, quand on meſure cette hauteur ; & non la hauteur qu'ils ont au-deſſus du niveau de la mer. « Nous avons » eu tout le tems, en parcourant les montagnes » du Pérou, dit M. Bouguer, de voir combien » ſe trompent quelques phyſiciens, qui penſent » que les nuages ſont d'une autre nature que les » brouillards. Souvent les nuages ne parvenoient » pas juſqu'à nous : ils étoient 500 ou 600 toiſes » trop bas ; & ils nous empêchoient de voir la » terre, tandis qu'ils cachoient le ciel aux habi- » tans de la campagne. D'autres fois ces nuages » avoient moins de peſanteur ; ils montoient » plus haut ; & ils n'étoient alors pour nous » qu'un ſimple brouillard dans lequel nous nous » trouvions ».

1064. REMARQUE. Parmi les ſubſtances animales, végétales, minérales, il y en a qui échauffent, il y en a qui rafraîchiſſent ; quoiqu'on les prenne dans le même degré de température. D'où peut venir cette différence ? En voici l'explication.

I°. Certains aliments *échauffent* : parce qu'ils contiennent beaucoup de ſels ou d'autres ſubſtances, propres à fermenter avec nos différentes humeurs ; propres par là même, à développer, à mettre en liberté & en action, le phogiſtique, ou

le

le feu combiné avec nos humeurs. Ce phlogiſtique, devenu feu libre & dégagé, augmente la maſſe & l'action du feu élémentaire logé & répandu dans les pores de notre corps ; comme le phlogiſtique contenu dans une bûche qui s'embraſe, va augmenter la maſſe & l'action du feu libre contenu dans les ſubſtances voiſines, par exemple, dans les chenets, dans la platine, dans les perſonnes aſſiſes auprès du feu.

II°. Certains aliments *rafraîchiſſent* : parce qu'ils renferment beaucoup d'eſprits frigorifiques, ou beaucoup de ſubſtances propres à ſe combiner avec le feu libre, répandu dans nos pores ; propres par là même, à l'abſorber, à le priver de ſon mouvement inteſtin, à le convertir en ſimple phlogiſtique ſans action. La partie de ce feu libre ou élémentaire, qui perd ſon action, diminue la maſſe & l'action du principe qui met en jeu la maſſe de notre ſang & de nos humeurs : delà le rafraîciſſement, ou la diminution de feu libre & de chaleur, qu'ils y occaſionnent.

QUATRIEME SECTION.

THÉORIE DE L'ÉLECTRICITÉ,

OU RAPPORTS

DE LA LUMIERE ET DE LA MATIERE ÉLECTRIQUE.

NOUS allons examiner dans le *fluide électrique*, quelle idée générale on peut s'en former, par quel artifice on peut le mettre en jeu, quels phénomenes il étale, quelle peut être la cauſe de ſon action, quelle en eſt la nature intrinſeque, quelles en ſont les dépendances.

Depuis environ quarante ans, l'électricité nous met ſous les yeux, des phénomenes extrêmement ſinguliers, dont la cauſe paroît évidemment tenir au ſyſtême général de toute la nature. La phyſique en eſpéroit de grandes lumieres; la médecine, de grands ſecours : l'une & l'autre eſt encore bornée à l'attente. C'eſt donc plutôt en faveur de la curioſité, qu'en faveur de l'utilité, que nous allons donner quelque idée de ce principe, en expoſant ſes principaux effets.

Mais nous devons avertir le lecteur, qu'il ne doit point s'attendre à des démonſtrations, dans une matiere qui n'eſt encore & qui vraiſemblablement ne ſera jamais ſuſceptible que de conjectures & de probabilités, dans ce qui concerne la nature & l'action intrinſeque du fluide électrique. Les effets & les phénomenes de l'électricité ſont certains : puiſqu'ils ſont conſtatés par

des expériences bien ſenſibles. Mais le principe qui produit ces effets & ces phénomenes, nous permet à peine de le deviner : parce qu'il ne nous manifeſte avec certitude, ni ſa nature, ni ſon action.

IDÉE GÉNÉRALE DE L'ÉLECTRICITÉ.

1065. DÉFINITIONS. I°. On nomme *électricité*, l'action d'un corps que l'on a mis en état d'attirer ou de repouſſer des petites pailles, des plumes, ou d'autres corps légers, qu'on lui préſente à une certaine diſtance : comme on le voit faire à l'ambre, en latin *electrum*, d'où a été tiré le nom d'*électricité*, lequel ſignifie une *vertu attractive & répulſive*, aſſez ſemblable à celle qu'on obſerve dans l'ambre.

II°. On nomme *matiere électrique*, le fluide qui par ſon mouvement produit ces attractions & ces répulſions dans les corps dont nous venons de parler. Il paroît démontré par les belles expériences qu'on a faites en ce genre, & dont on trouvera un très-ample détail dans les ouvrages de MM. Nollet & Franklin, que les différents phénomenes de l'électricité ont pour cauſe, *l'effluence & l'affluence ſimultanée d'une matiere très-ſubtile, préſente par-tout, & capable de s'enflammer par le choc de ſes propres rayons.* Quelle que ſoit la nature de cette matiere, nous tâcherons de faire voir que cette matiere ſubtile, que ce fluide électrique, n'eſt vraiſemblablement autre choſe que l'élément du feu, pur ou combiné, & par conſéquent, que ce fluide n'eſt point une ſubſtance abſolument différente de la lumiere. (1051.)

III°. On nomme *corps électriſé*, celui dans

lequel le fluide électrique a été mis en jeu & en action, ſoit par le ſecours de la nature, ſoit par le ſecours de l'art; celui qui ſe trouve actuellement & complettement en état d'exercer des attractions & des répulſions ſur les corps environnants.

Quoique le fluide électrique ſoit par-tout répandu autour des corps & dans les corps, il n'eſt pas toujours & par-tout en action dans les corps; il n'exerce pas toujours & par-tout dans ces corps, les attractions & les répulſions qui caractériſent ſon action. Un corps n'eſt point électriſé, pour contenir ſimplement le fluide électrique : il faut, pour que ce corps ſoit électriſé, que le fluide électrique qui l'entoure ou qu'il contient, ſoit mis en action d'une maniere marquée, & par une des voies que nous allons indiquer.

DEUX MANIERES D'ÉLECTRISER.

1066. OBSERVATION. Tous les corps ſont électriſables : mais tous les corps ne s'électriſent pas de la même maniere & par le même artifice. Les corps, enviſagés relativement à l'électricité, peuvent ſe diviſer en deux claſſes générales; en *corps électriſables par frottement*, & en *corps électriſables par communication.* Comme les premiers ſont cauſe de l'électricité dans les derniers, on a nommé ces premiers, *corps électriques;* & les derniers, *corps non électriques.*

I°. Certains corps s'électriſent ou acquierent la vertu électrique, *par voie de frottement :* tels ſont, entre pluſieurs autres, le verre, la cire d'Eſpagne, le ſoufre, les gommes, la réſine, le

fil de ſoie, le poil de la plupart des animaux, le bois imbibé d'huile & ſéché au four. Tout le monde ſait qu'un long tube de verre, d'un pouce ou d'un demi-pouce de diametre, acquiert la vertu électrique, ou le pouvoir d'attirer & de repouſſer des corps légers, quand on le frotte fortement ſelon ſa longueur, avec la main, avec une étoffe, avec du papier gris, & ainſi du reſte : que la même choſe arrive à un bâton de cire d'Eſpagne, que l'on frotte de la même maniere.

II°. Certains autres corps, tels que les métaux, les chairs animales, les pierres, la terre, l'eau, le bois dans ſon état ſimple & naturel, ne s'électriſent pas, ou ne s'électriſent qu'infiniment peu par voie de frottement ; mais ils s'électriſent très-bien *par voie de communication*, c'eſt-à-dire, en approchant très-près d'eux ou en leur faiſant toucher légérement un corps fortement électriſé par voie de frottement, lequel leur communique & leur tranſmet l'électricité.

III°. Les corps qui acquierent leur plus grand degré d'électricité par voie de frottement, n'acquierent que très-peu d'électricité par voie de communication. Par exemple, le verre, qui s'électriſe très-bien par voie de frottement, ne reçoit point ou preſque point d'électricité, quand on l'approche ou d'un globe de verre électriſé par frottement, ou d'un corps animal ou minéral électriſé par communication. Et réciproquement, les corps qui s'électriſent très-bien par voie de communication, ne prennent que très-peu d'électricité par voie de frottemment. Par exemple, les corps métalliques qui acquierent une immenſe vertu électrique par voie de communi-

nication, ne s'électriſent point ou preſque point, quand on ſe borne à les frotter d'une maniere quelconque.

1067. REMARQUE I. Pour électriſer un corps non électrique, ou un corps qui ne s'électriſe que par voie de communication, il faut que ce corps ſoit *iſolé*, & qu'il reçoive le torrent électrique par le moyen d'un *conducteur*. (*fig.* 100.)

I°. *Iſoler un corps non électrique*, c'eſt le ſéparer de tout corps non électrique, ou lui ôter toute communication avec tout corps capable de recevoir l'électricité par voie de communication. Un corps non électrique, tel qu'un animal, le métal, l'eau, eſt iſolé; quand il repoſe ſur des ſupports électriques, ſur des ſupports de verre ou de ſoie ou de gomme ou de ſoufre ou de bois frit dans l'huile & ſéché au four. Par exemple, l'homme IK, qui repoſe ſur un gâteau de réſine ou de ſoufre, ou ſur un petit marche-pied formé de cordons de ſoie, eſt iſolé: parce qu'il ne communique avec aucun corps électriſable par communication; l'air qui l'environne, & les ſupports qui le ſoutiennent, n'étant électriſables que par frottement. De même la barre de fer AB, ſuſpendue dans l'air par des cordons de ſoie, eſt iſolée: parce qu'elle ne communique qu'avec l'air, avec le globe de verre VD, & avec des cordons de ſoie; corps qui ne reçoivent point le fluide électrique par voie de communication.

II°. On nomme *conducteur*, le corps qui conduit le torrent électrique, du corps électriſé par frottement, au corps qui s'électriſe par communication. Par exemple, la chaîne métallique DC, qui touche le globe de verre par le moyen

d'une frange d'or ou d'argent ou de clinquant D, eſt un conducteur par rapport à la barre de fer ou au canon de fuſil ou au tube de fer-blanc AB. Cette barre ou ce tube métallique AB, ſera conducteur par rapport à la chaîne de fer ou au fil d'archal MN. Cette chaîne ou ce fil d'archal MN ſera conducteur par rapport à l'homme IK, qui repoſe iſolé ſur ſon ſupport électrique. Tous les conducteurs doivent être iſolés, pour tranſmettre l'électricité.

III°. Les corps électriques ont auſſi beſoin d'être iſolés, pour prendre plus aiſément & conſerver plus long-tems l'électricité. *Iſoler un corps électrique*, c'eſt le ſéparer de tout corps non électrique, ou lui ôter toute communication avec tout corps capable de recevoir l'électricité par voie de communication. Par exemple, un tube ou un globe de verre qu'on aura électriſé, ſera iſolé, ſi on le poſe ſur un ſupport de verre ou de ſoie. De même le globe de verre VD eſt iſolé ſur ſes deux ſupports : parce que ce globe eſt ſéparé de ſes ſupports par une forte couche d'un maſtic électrique, ou d'un maſtic qui ne peut prendre par communication l'électricité du globe de verre.

1068. REMARQUE II. L'électricité ſe déploie & ſe met en jeu dans les corps électriques & non électriques, ou par le ſecours de l'art, ou par la ſimple action de la nature. Nous avons donc à obſerver & les petits phénomenes de l'*électricité artificielle*, & les grands phénomenes de l'*électricité naturelle*. Nous commencerons par les premiers, dont la connoiſſance doit nous préparer & nous conduire à la connoiſſance des derniers.

L'invention de la machine électrique eſt due à Otto de Guerike, auſſi bien que l'invention de la machine pneumatique : l'une & l'autre ont été ſucceſſivement perfectionnées par différents phyſiciens. Dans les expériences & dans les obſervations ſuivantes, nous ſuppoſerons connue la conſtruction de la machine électrique ; machine qui conſiſte principalement en une grande roue, qui fait tourner ſur ſon axe un grand globe de verre creux, lequel s'électriſe par frottement, & électriſe par communication toute eſpece d'autres corps non électriques, qui le touchent ou qui l'approchent.

ARTICLE PREMIER.

PHÉNOMENES DE L'ÉLECTRICITÉ ARTIFICIELLE.

1069. EXPÉRIENCE I. *ELECTRISER un globe de verre creux* V D. (*fig.* 100.)

EXPLICATION. Tandis qu'on fait tourner rapidement la roue de la machine électrique, le globe creux de verre VD tourne avec une beaucoup plus grande rapidité ſur ſon axe, eſſuyant continuellement le frottement des mains qui s'appliquent légérement contre ſa ſurface.

I°. Comme le verre eſt un corps électriſable par frottement, ce globe s'électriſe & acquiert ſon plus grand degré d'électricité en cette maniere : il devient donc propre à exercer ſes attractions & ſes répulſions contre les différents

corps électriſables par communication, qui l'approcheront.

Si ce globe, au lieu d'être de verre, étoit de métal, il n'acquerroit point ou preſque point de vertu électrique : parce que le métal qui s'électriſe très-bien par voie de communication, ne s'électriſe pas de même par voie de frottement.

II°. A meſure que ce globe roule rapidement ſur ſon axe, ſans communiquer ni avec la chaîne DC, ni avec aucun autre corps électriſable par communication ; le frottement des mains qu'il eſſuie perſévéramment, met en jeu & en action le fluide électrique qui l'environne & qui le pénetre ; & ce fluide, agité & mis en jeu, s'accumule avec ſurabondance dans ce globe & autour de ce globe, ſans trouver à s'échapper au dehors & au loin : parce que ce globe eſt iſolé (1067), & qu'il ne peut tranſmettre ſon excès de fluide électrique à aucun corps environnant ; le frottement des mains qui lui donne l'électricité, n'étant pas propre à la lui ravir.

III°. Quand ce globe eſt fortement électriſé, ou environné & empli avec ſurabondance de fluide électrique en action ; une main E, ou une clef F, viennent-elles à s'approcher de lui, ſans le toucher entiérement ? La main eſſuie une vive *commotion*, accompagnée d'un petit éclat ou *pétillement*, & d'une petite *inflammation lumineuſe* entre la main & le globe. Le même choc, le même bruit, la même lumiere ont lieu, quand la clef s'approche du globe. Cette main & cette clef s'électriſent par communication ; & le torrent de matiere électrique, qui jaillit du globe dans la main, & de la main dans le globe, occaſionnent par leur *choc réciproque*, les phénomenes de

commotion, de pétillement, & d'inflammation, dont nous venons de parler.

Si au lieu de la main E, ou de la clef F, on préſentoit au globe électriſé un morceau de verre ou un bâton de cire d'Eſpagne; les mêmes phénomenes n'auroient point lieu, du moins d'une maniere ſenſible & brillante: parce que ces derniers corps, qui s'électriſent très-bien par frottement, ne s'électriſent pas de même par communication. Il n'y aura donc pas un même choc de matiere électrique, affluente & effluente, entre le globe électriſé & ces corps à électriſer.

1070. EXPÉRIENCE II. *Faire & examiner l'expérience d'Hauxbée.* (fig. 102.)

EXPLICATION. Soit un *globe de verre creux* GG, & un grand *cercle de fer* ou de bois AB. Au centre du globe, vous ſoutiendrez avec un fil de fer, une petite rondelle R de liege, parallele à l'équateur du globe, & garnie en ſa circonférence de pluſieurs petits fils de ſoie plate. Vous attacherez de ſemblables fils à la circonférence du cercle AB, deſtiné à être placé autour du globe, à ſix ou ſept pouces de ſa ſurface, quand ce globe aura été électriſé. Après ces préparatifs, électriſez le globe GG, comme dans l'expérience précédente; & vous aurez la célebre expérience, qui a retenu le nom d'*Hauxbée* ſon auteur.

I°. Quand le globe ſera ſuffiſamment frotté & électriſé, ſuſpendez l'électriſation, & arrêtez ce globe. Vous obſerverez que toutes les ſoies, dont la rondelle de liege eſt garnie, tendent de toutes parts du centre à la circonférence de l'équateur, comme autant de rayons divergents R *r*.

Il eſt aſſez probable que le fil RC, par exem-

ple, ne tend de bas en haut contre sa pesanteur propre, que parce qu'il est emporté dans cette direction par un torrent électrique, qui s'élance de la rondelle R vers l'équateur du globe : à peu près comme une ficelle qui est livrée à un courant d'eau, prend & suit la direction de ce courant.

II°. Tandis que l'électricité du globe GG subsiste encore à peu près dans toute sa force, présentez le doigt à quelques pouces de distance de ce globe. Vous observerez que le fil de soie qui se trouve vis-à-vis de votre doigt, par exemple le fil RC, se courbera en s'écartant, comme s'il étoit repoussé vers le centre du globe; & quand vous retirerez votre doigt, ce fil reprendra sa précédente direction RC vers l'équateur du globe.

Il est assez probable que ce fil est en effet repoussé vers le centre du globe, par un torrent électrique qui s'elance du doigt dans le globe à travers les pores du verre. Ce fil, livré à *deux courants opposés* de matiere électrique, dont l'un tend de C vers R, & l'autre de R vers C, s'infléchit & s'écarte, pour obéir à l'action simultanée des deux courants dont l'un est effluant & l'autre affluant.

III°. Pendant que l'électricité du globe subsiste encore dans sa grande force ; prenez en main le cercle AB, & placez-le autour du globe GG, parallélement à son équateur. Vous verrez toutes les soies attachées à ce cercle, se diriger vers le centre du globe, comme autant de rayons convergents; tandis que les soies attachées à la rondelle R, se dirigent vers l'équateur du globe, en rayons divergents.

Il eſt aſſez probable que les ſoies du clercle AB ſe dirigent toutes contre leur gravité vers le centre du globe ; parce qu'elles ſont emportées dans cette direction par le *torrent de matiere affluente*, qui s'élance du ſein du cercle & du ſein de l'air, dans le globe électriſé : & que les ſoies de la rondelle R ſe dirigent vers l'équateur du globe ; parce qu'elles ſont emportées dans cette direction par le *torrent de matiere effluente*, qui s'élance du centre du globe vers la ſurface & hors de la ſurface de ce globe.

L'exiſtence de ce *double courant ſimultané de matiere affluente & effluente* dans les phénomenes électriques, ſera encore établie & conſtatée par de nouvelles preuves, dans les expériences ſuivantes.

1071. EXPÉRIENCE III. *Electriſer une barre de fer* AB. (fig. 100.)

EXPLICATION. Suſpendez la barre de fer AB ſur deux ou trois cordons de ſoie attachés au plafond d'une chambre ; en telle ſorte que cette barre ſoit iſolée au milieu de l'air, ſans communiquer avec aucun corps électriſable par communication (1067). Au point C, placez une petite chaîne de fer CD, terminée en D par une frange à feuilles d'or ou d'argent ou de cuivre ; laquelle frange ſera appuyée par ſa ſimple gravitation ſur l'équateur du globe de verre VD. Ce globe, électriſé par frottement, électriſera par communication la frange D, la chaîne DC, & la barre AB. (Dans l'expérience préſente, la bouteille AL, la chaîne MN, l'homme IK, l'autre chaîne TO, le fil *m n* doivent diſparoître ; & la barre de fer AB, en place de laquelle on

pourroit mettre ou un canon de fusil ou un tube de fer-blanc, doit ne porter que la chaîne CD, à laquelle on peut, si l'on veut, substituer un simple fil d'archal.)

I°. Le fluide électrique, mis en jeu & en action dans le globe VD, qui roule rapidement sur son axe en essuyant le frottement continuel des mains, passe & se transment en torrents dans la frange D, dans la chaîne DC, dans la barre de fer AB, qui sont des corps électrisables par communication. Ce fluide s'accumule & s'entasse avec surabondance dans la chaîne & dans la barre de fer : parce que l'air & la soie & le verre, qui sont les seuls corps contigus à la barre & à la chaîne de fer, ne s'électrisent point par communication.

II°. Si la barre AB étoit suspendue au plafond ou aux murs par une chaîne de fer ou par un fil de métal quelconque ou par une ficelle de chanvre mouillé, cette barre de fer ne s'électriseroit point : parce que ces supports étant électrisables par communication ; le torrent électrique, qui coule sans cesse par la chaîne DC dans la barre de fer AB, au lieu de s'arrêter & de s'accumuler dans cette barre, s'échapperoit sans cesse de son sein, & iroit se communiquer au plafond, aux murailles, à la masse de la terre : ce qui rendroit nulle ou du moins insensible son action dans la barre de fer AB & dans la chaîne DC. Pour que cette barre s'électrise, il faut donc qu'elle soit *isolée*, ou qu'elle soit totalement séparée de tout corps électrisable par communication, de tout corps capable de lui enlever le fluide électrique que le globe électrisé lui transmet sans cesse.

1072. PHÉNOMENES. La barre de fer AB, ainſi iſolée & ainſi électriſée, préſente pluſieurs phénomenes dignes d'attention, & que nous allons faire connoître.

I°. Si on préſente le doigt en un point quelconque à cette barre de fer, ſans la toucher, on eſſuie une vive *commotion* ou piquure; & cette commotion eſt accompagnée d'une *inflammation* qui ſe déploie en étincelles très-brillantes, & d'un *pétillement* ou d'un bruit très-ſenſible.

Ces effets ont vraiſemblablement pour cauſe le choc des deux torrents ſimultanés qui jailliſſent en des ſens oppoſés, l'un du doigt dans la barre, l'autre de la barre dans le doigt. Ces torrents, d'une nature très-inflammable, s'enflamment en effet par le *choc de leurs rayons* animés d'un mouvement immenſément rapide: delà la commotion, l'étincelle, le bruit ou pétillement.

La commotion, que produit ſur le doigt la barre électriſée, eſt plus ſenſible & plus forte que celle que produiroit le globe électriſant: parce que, toutes choſes étant égales d'ailleurs, *l'électricité acquiſe par communication, eſt plus forte que l'électricité acquiſe par frottement.*

II°. Si le conducteur DC eſt un fil d'archal continu, le fluide électrique l'enfile & paſſe du globe à la barre, ſans ſe rendre ſenſible. Mais ſi ce même conducteur DC eſt une chaîne à petits anneaux, *le fluide électrique ſaute d'un anneau à l'autre;* éclate & ſe rend ſenſible dans l'obſcurité, en paſſant d'un anneau à l'anneau ſuivant: ſans doute parce que dans ce cas, il y a une effluence & une affluence de matiere électrique entre ces anneaux, dont chacun darde & reçoit

de petits torrents électriques, qui s'entre-choquent au paſſage de l'un à l'autre.

III°. Quand la barre de fer eſt fortement électriſée, elle produit quelquefois, mais rarement, des *étincelles ſpontanées ;* c'eſt-à-dire, des étincelles qui jailliſſent & éclatent par elles-mêmes, ſans être provoquées par un autre corps électriſable qui en approche.

Le torrent électrique, qu'un excès d'abondance & de plénitude fait jaillir du ſein du corps électriſé AB, heurte violemment les molécules de l'air, delà le pétillement ou le bruit ; heurte de même le torrent électrique qui du ſein de l'air s'élance dans la barre électriſée ; delà l'inflammation de ces deux torrents oppoſés & très-inflammables.

III°. Si on répand ſur la barre AB, avant qu'elle ſoit électriſée, quelque légere pouſſiere, par exemple, du ſon de farine fort fin, du tabac rapé & bien ſec ; quand cette barre s'électriſera, la portion la plus groſſiere de cette pouſſiere s'élancera loin de la barre, emportée par la *partie effluente* du fluide électrique ; & la portion la plus ſubtile de cette même pouſſiere reſtera adhérente à la barre, retenue par la *partie affluente* du fluide électrique : ce qui pourroit faire conjecturer que la matiere effluente s'échappe hors du corps électriſé, par des pores moins nombreux & plus ouverts ; tandis que la matiere affluente entre & pénetre dans le corps électriſé, par des pores plus étroits & plus multipliés. Le torrent de matiere effluente eſt divergent *ab ;* & le torrent de matiere affluente, eſt convergent *rs ;* comme nous le prouve l'expérience d'Hauxbée (1070). Ces

deux torrents *ab* & *rs* ſe meuvent l'un dans l'autre, ſans ſe troubler dans leur cours; ainſi que la lumiere. (863.)

Si on place la même pouſſiere ſur un plan de carton G, & qu'on préſente ce plan au-deſſous de la barre électriſée à une fort petite diſtance; on verra les différentes molécules de cette pouſſiere, s'élancer du plan vers la barre, revenir de la barre vers le plan, retourner encore du plan vers la barre: ſelon que chaque molécule à part ſe trouve actuellement expoſée au torrent ou du fluide effluent, ou du fluide affluent.

IV°. Si ſur un carton G on place une petite feuille d'or extrêmement mince, & qu'on préſente ce carton ſous la barre électriſée, en tenant la main au-deſſous du carton; cette légere feuille d'or, livrée aux deux torrents oppoſés de matiere effluente & affluente, ſe ſoutiendra ſuſpendue en l'air, avec un mouvement ondoyant entre la barre & le carton: & ſi le carton paſſe de M en T, & de T en M, la petite feuille d'or ſe promenera en l'air, toujours ſautillant entre la barre & le carton ambulant; parce qu'elle eſt toujours alternativement livrée à deux courants oppoſés & à peu près égaux, dont l'un l'éleve & l'autre l'abaiſſe.

V°. Si on préſente le revers de la main à l'extrêmité d'une barre de fer, on ſentira comme l'impreſſion d'un ſouffle léger & frais; impreſſion occaſionnée par l'impulſion du fluide effluent, qui de la barre s'élance en divergeant ſur la main; comme on le voit repréſenté en P.

Si on préſente le nez en B, près del'aigrette ou de l'écoulement électrique; on ſentira une petite

petite odeur qui paroît tenir de celle du phoſphore ou de l'œil. Le même ſouffle & la même odeur ſe feront ſentir au bout du doigt d'un homme iſolé & électriſé.

VI°. Si au conducteur AB on ſuſpend deux très-petites boules de liege, l'une par un très-petit fil de laiton & l'autre par un fil de ſoie, enſorte que ces deux petites boules ſoient à la même hauteur & à environ un pouce de diſtance l'une de l'autre ; la premiere s'électriſera, la ſeconde ne s'électriſera point, par le moyen du conducteur électriſé AB. Qu'arrivera-t-il delà ? On verra d'abord la boule non électriſée s'écarter de la ligne perpendiculaire, & s'approcher de la boule électriſée qui l'attire & qui lui darde ſon feu électrique. Après quoi la boule qui a reçu le torrent électrique, & qui par là ſe trouve électriſée, eſt repouſſée, & ſe ſoutient écartée de la ligne perpendiculaire, plus éloignée qu'auparavant de la boule qui l'a électriſée. Il réſulte de cette obſervation, que *les mêmes corps tantôt s'attirent & tantôt ſe repouſſent*, ſelon que l'électricité agit ſur eux ; & que tout corps électriſé par communication s'écarte ou tend à s'écarter de celui qui l'a mis en cet état.

VII°. Dans un lieu fort obſcur, on verra ſortir par chaque bout A & B de la barre électriſée, un petit torrent de rayons lumineux & divergents, en forme d'aigrettes ou de bouquets épanouis : ce qui fait voir la grande *analogie du fluide électrique avec la lumiere.*

VIII. Si à l'extrêmité B, terminée en pointe, on préſente une liqueur très-inflammable, telle que l'eſprit-de-vin un peu chauffé ; cette liqueur prend feu & s'enflamme, par l'action du torrent

de matiere effluente qui l'affecte : ce qui prouve la grande *analogie du fluide électrique avec le fluide igné ou le feu.*

IX°. La barre de fer étant fortement électrisée, suspendez subitement l'électrisation, & tirez l'étincelle ; la barre perdra en grande partie son électricité : parce que l'excès de fluide électrique dont elle étoit chargée, ou se décharge subitement dans le corps électrisable qui l'approche ; ou se dissipe tout à coup par le choc, dans le vuide de l'air.

X°. Quand la barre de fer a été fortement électrisée ; si on la laisse isolée sans en approcher aucun corps électrisable par communication, elle conserve assez long-tems son électricité, qui se dissipe à la fin peu à peu. Mais si on lui présente d'un peu loin une *pointe de fer isolée ;* elle se décharge en peu de tems de son fluide électrique rédondant, qu'elle darde vers la pointe opposée & électrisable, au bout de laquelle on le verra dans les ténebres, se réunir en aigrette lumineuse.

1073. EXPÉRIENCE IV. *Electriser un homme ou un animal quelconque* IK. (fig. 100.)

EXPLICATION. Placez cet homme IK sur un gâteau de résine, ou sur un chassis à cordons de soie, ou sur un support de verre ou de bois frit dans l'huile & séché au four ; & mettez dans la main de cet homme, une chaîne de fer ou un fil d'archal MN, qui communique avec la barre de fer AB fortement électrisée.

I°. Le fluide électrique, entassé & accumulé dans la barre électrisée AB, se communique à la chaîne MN, & par cette chaîne, à l'homme IK,

qui ſont des corps électriſables par communication.

II°. L'homme IK ne peut tranſmettre le fluide qu'il reçoit, qu'au ſupport ſur lequel il repoſe, ou à l'air qui l'environne. Mais le ſupport de réſine ou de ſoie ou de verre ou de ſoufre ou de bois frit dans l'huile & ſéché au four, non plus que l'air environnant, ne ſont point des corps électriſables par communication. Le fluide électrique, qui coule continuellement dans cet homme, doit donc s'entaſſer & s'accumuler dans toute ſa ſubſtance; juſqu'à ce qu'un excès de plénitude en occaſionne une diſſipation à peu près égale à la quantité nouvelle qu'il en reçoit à chaque inſtant, à meſure que l'électriſation, pouſſée à ſon plus haut degré de force, continue à agir ſur lui & à lui envoyer un nouveau fluide.

III°. Si cet homme IK, au lieu d'être iſolé & placé ſur les ſupports électriques dont nous venons de parler, avoit ſes pieds ou ſes mains ou ſes habits, appuyés ſur des corps non électriques, ſur des corps capables de recevoir le fluide électrique par communication, par exemple, ſur un plancher ou ſur la terre; il ne s'électriſeroit point: parce que le fluide électrique, que met en jeu le globe électriſant, & que portent dans l'homme IK les conducteurs DMN, au lieu de s'arrêter & de s'accumuler dans cet homme, paſſe à l'inſtant dans les corps avec leſquels il communique, & qui le tranſmettent à la maſſe de la terre, où ſon action immenſément diviſée, devient inſenſible & nulle; ainſi que tout mouvement trop affoibli par la communication.

IV°. Si au point T étoit ſuſpendue par un fil de fer une cage de bois ou de fer; cette cage s'électriſeroit, auſſi bien que l'animal quelconque qu'elle renfermeroit : parce que cette cage & cet animal recevroient le fluide électrique, ſans le tranſmettre à aucun corps électriſable par communication.

V°. Si au point T étoit ſuſpendue par quatre chaînes de fer, une grande table de fer ou de bois ZX, chargée d'une couche de terre & de fumier propre à produire & à nourrir des fleurs & des plantes de différente eſpece ; on pourroit électriſer à volonté & cette table & tous les corps électriſables par communication, qu'elle ſupporte ; on pourroit obſerver, en continuant l'électriſation pendant un nombre de jours convenable, quelle influence peut avoir l'électricité ſur le développement des germes, ſur l'accroiſſement des plantes. On conçoit facilement que par le moyen d'un moulin à eau, on peut électriſer le globe VD, pendant des mois entiers.

1074. PHÉNOMENES. L'action du fluide électrique, accumulé dans l'homme iſolé & électriſé IK, ſe manifeſte par des ſignes non équivoques, dont nous allons rendre raiſon.

I°. On voit ſes cheveux ſe hériſſer & ſe dreſſer ſur ſa tête : parce que le fluide électrique dont il eſt inondé avec ſurabondance, & qui enfile les petits canaux de ces cheveux, tend à s'échapper au dehors en lignes droites & divergentes (1070). Par la même raiſon, ſi on lui attache en H une houpe de fil ou de laine, on verra les petits filaments de cette houpe, ſe mouvoir & tendre à ſe diriger en lignes droites, dès que l'électricité commence à avoir lieu ;

ſur-tout ſi on préſente une plaque de métal au-deſſus de cette houpe.

II°. On voit cet homme IK, produire les mêmes phénomenes électriques, que nous venons d'obſerver dans la barre électriſée (1072). Car ſi on préſente le bout du doigt à ſa main, à ſon nez, à ſes jambes, à ſes cheveux, à ſes habits; on éprouve la même *commotion*, accompagnée du même *pétillement*, & de la même *inflammation* ou étincelle lumineuſe, dont nous avons parlé. Son doigt Z, préſenté à l'eſprit-de-vin un peu chauffé, l'enflamme; comme la pointe B de la barre de fer électriſée.

III°. Si ce même homme iſolé & électriſé tient en ſa main Z une cueillere pleine d'eſprit-de-vin un peu chauffé, & qu'une autre perſonne non iſolée préſente bruſquement le doigt à cette liqueur, ſans la toucher; l'eſprit-de-vin s'enflamme, par le choc du torrent électrique qui jaillit de l'eſprit-de-vin dans le doigt, & du doigt dans l'eſprit-de-vin.

IV°. Si ce même homme électriſé paſſe légérement ſa main ſur une perſonne non iſolée, vêtue de quelque étoffe où il y ait de l'or & de l'argent; il la fait étinceller de toute part, non-ſeulement elle, mais encore toutes les autres qui ſont habillées de ſemblables étoffes & qui la touchent; & ces étincelles ſe font ſentir aux perſonnes ſur qui elles paroiſſent, par des picottements qu'on a peine ſouffrir. On voit déja ici que *le fluide électrique enfile de préférence & affecte avec plus d'énergie les ſubſtances métalliques*, que la plupart des autres ſubſtances. Ces étincelles paroiſſent avoir la même cauſe, que celles de la chaîne à petits anneaux dont

nous avons parlé ailleurs (1072), ſavoir, le choc des deux torrents électriques que ſe dardent réciproquement deux fils d'or ou d'argent voiſins & non contigus dans la même étoffe.

V°. Si dix ou trente ou cent perſonnes non iſolées ſe tiennent toutes par la main, & que la premiere perſonne de cette longue file préſente le doigt ou à la barre électriſée AB, ou à l'homme électriſé IK; toutes ces perſonnes reçoivent au même inſtant la commotion électrique avec la même force.

VI°. Quand l'électricité eſt portée à ſon plus haut degré dans l'homme IK, elle ceſſe d'y prendre de nouveaux accroiſſements : il faut donc que le fluide électrique qui lui ſurvient à chaque inſtant, à meſure que l'électriſation continue, faſſe jaillir au dehors une égale quantité du fluide qui l'a précédé; & qui doit inévitablement, en ſe diſſipant au loin dans la maſſe de l'air en rayons divergents, entraîner avec lui une quantité conſidérable de ſubſtances plus volatiles, & appauvrir le ſujet d'où il s'échappe. Delà la diminution ſenſible de poids que M. Nollet a trouvée dans une foule de liqueurs, de fruits, de plantes, de ſubſtances animales, d'animaux vivants, peſés exactement avant & après une longue & forte électriſation.

1075. REMARQUE. Les corps vivants, les *animaux proprement dits*, ne s'électriſent point par frottement : mais certaines *matieres animales*, telles que la ſoie, les cheveux, le poil, les ongles, la corne, les os, donnent des ſignes d'électricité, quand on les frotte.

Perſonne n'ignore à préſent qu'on fait étinceler un chat dans l'obſcurité, en lui paſſant

deux ou trois fois la main ſur le dos : que l'étrille d'un palefrenier & le morceau de ſerge qui la ſuit en frottant, électriſent le poil d'un cheval, & le font luire ou étinceler d'une maniere propre à effrayer une perſonne ſimple qui n'a aucune connoiſſance de l'électricité : que l'animal peut s'électriſer lui-même & ſe rendre étincelant, en frottant ſon poil ou contre une crêche ou contre un mur. Delà, la fabuleuſe & abſurde idée de ces prétendus *eſprits follets*, qui s'affectionnent, dit-on, à certains chevaux, & qu'on voit quelquefois briller ſur leur poil.

Si le chat ou le cheval étoient raſés, quand on les frotte, ils ne s'électriſeroient point : parce que la peau & les chairs ne s'électriſent point par frottement, mais uniquement par communication.

1076. EXPÉRIENCE V. *Electriſer l'eau contenue dans une bouteille, ou faire l'expérience de Leyde.* (fig. 100.)

EXPLICATION. On prend une bouteille de verre fort mince, qu'on emplit d'eau juſqu'au collet, en mettant au fond une petite quantité de limaille de fer. On bouche cette bouteille avec un bouchon de liege, traverſé d'un gros fil d'archal qui y reſte fixe ; de telle maniere qu'une partie de ce fil d'archal eſt plongée dans l'eau de la bouteille ; & une autre partie s'éleve au-deſſus du bouchon, courbée en crochet. Cette bouteille L, ſuſpendue ſur la barre de fer électriſée AB, & appuyée ſur la main d'un homme non iſolé pendant le tems de l'électriſation, s'électriſera avec l'eau qu'elle contient ; & donnera une étonnante énergie à l'action du fluide élec-

trique dans tous les conducteurs DC, AB, A*r*, qui communiquent avec elle. C'eſt ce qu'on appelle l'*expérience de Leyde ;* parce qu'elle doit ſon origine & ſa célébrité à trois illuſtres citoyens de Leyde, à M. Cunéus, qui la trouva par haſard ; à MM. Muſchembroek & Allaman, qui en firent part en 1746 à l'académie royale des ſciences à Paris.

L'expérience de Leyde, & l'expérience de Marly-la-Ville dont nous parlerons dans la ſuite, font époque dans la théorie de l'électricité : la premiere, parce qu'elle augmente immenſément l'énergie de l'électricité artificielle, & rend incomparablement plus ſenſibles & plus brillants tous les phénomenes qui en dépendent, les commotions, les pétillements, les inflammations lumineuſes ; la derniere, parce qu'elle a fait connoître l'exiſtence d'une électricité naturelle, & les grands phénomenes phyſiques qu'elle produit. Nous nous bornons ici à obſerver la premiere.

I°. Si tenant d'une main la bouteille L, on touche avec l'autre main le fil d'archal en un point quelconque *r*, ou la barre électriſée en un point quelconque A ; on eſſuiera une violente commotion dans les bras, dans la poitrine, dans tout le corps ; commotion qui peut même devenir dangereuſe pour le ſujet qui la reçoit : puiſqu'elle eſt capable de tuer des pigeons, des poulets, d'autres ſemblables petits animaux ; comme nous l'expliquerons ailleurs. Les autres phénomenes électriques, par exemple, les attractions, les répulſions, les aigrettes lumineuſes, les inflammations & les pétillements, produits par le moyen de l'expérience de Leyde, ont tous ou plus de force ou plus d'éclat : ce qui

annonce évidemment une incomparablement plus grande énergie dans le fluide électrique, animé & mis en jeu par le ſecours de cette célebre expérience.

II°. La bouteille elle-même, quoique ſoutenue par une perſonne non iſolée, devient électriſée; & produit des attractions, des répulſions, des commotions & des inflammations ſur les corps non électriques qui l'approchent. Mais les effets électriques, produits par le verre même de la bouteille, ſont moins ſenſibles & moins brillants, que ceux qui ſont produits ou par le fil d'archal *r* A, ou par la barre de fer AB, ou par le premier conducteur DC : ce qui prouve que l'électricité eſt moins active & moins énergique dans la bouteille qui eſt un corps électrique, que dans les conducteurs qui ſont des corps non électriques.

On eſt fort embarraſſé, quand il s'agit d'expliquer l'électricité de cette bouteille, qui n'étant électriſable que par frottement, ſemble n'en eſſuyer aucun; & qui communiquant ſans ceſſe avec un corps non iſolé, avec la main qui la ſoutient, devroit perdre ſans ceſſe & tranſmettre à la maſſe de la terre, l'électricité qu'elle peut avoir. Il eſt probable que le fluide électrique, voituré avec ſurabondance dans le ſein de la bouteille par les conducteurs DCA*r*, pendant que l'électriſation a lieu dans le globe VD, agit avec violence contre les parois du verre, & occaſionne dans la ſurface intérieure de la bouteille, le même effet que produiroit un violent frottement. Le fluide électrique, entaſſé & accumulé dans l'intérieur de la bouteille, jaillit avec effort au dehors à travers les pores du verre;

& le fluide électrique, contenu dans la perſonne qui ſoutient la bouteille, ſe précipite en torrents ſur la ſurface extérieure de la même bouteille, où ſe forme comme une athmoſphere électrique deſtinée à ſe porter & dans l'intérieur de la bouteille & dans les corps non électriques qui communiquent avec la bouteille. Pourquoi l'électricité de cette bouteille ne ſe formeroit-elle pas, comme dans tout verre électriſé, par le moyen d'un double courant de matiere effluente & affluente, occaſionné par le frottement ?

III°. Quelquefois la violence de l'électricité eſt ſi grande dans la bouteille de Leyde, qu'elle perce le verre avec éclat, y formant un petit trou circulaire ou conique ſans fêlure; comme ſi ce point de la bouteille avoit été expoſé au foyer d'un miroir ardent, qui eût fondu le verre.

IV°. L'eau de la bouteille eſt électriſée, ainſi que le verre qui la contient, & les conducteurs qui lui apportent le fluide électrique : parce que l'eau eſt un corps électriſable par communication. Si on verſe promptement cette eau électriſée dans un vaſe de verre ou de porcelaine, elle conſerve aſſez long-tems ſon électricité : parce que les vaſes qui la reçoivent, ne ſont pas électriſables par communication.

V°. La bouteille de Leyde, électriſée avec ſon eau, & poſée ſur un ſupport électriſable par communication, conſerve très-long-tems ſon électricité, plus long-tems que ſi elle étoit poſée ſur un ſupport électrique. Par exemple, en repoſant ſur un ſupport de métal, elle donne encore quelquefois des ſignes très-marqués d'élec-

tricité après 30 ou 36 heures; & elle perd incomparablement plus vîte ſon électricité, quand elle repoſe ſur un ſupport de verre ou de réſine ou de ſoie ou de cire d'Eſpagne. Comme cette bouteille s'électriſe beaucoup plus fortement, étant ſoutenue par un corps non électrique pendant l'électriſation, que ſi elle étoit iſolée; de même elle conſerve mieux & plus long-tems ſon électricité, quand elle n'eſt pas iſolée, que lorſqu'elle eſt iſolée. Le fluide qu'elle continue à recevoir du corps non électrique ſur lequel elle repoſe, remplace en partie celui qu'elle perd, pendant un tems aſſez long.

1077. REMARQUE. La grande propriété, la propriété caractériſtique de l'expérience de Leyde, c'eſt de donner, comme nous l'avons déja obſervé, une inconcevable énergie au fluide électrique qu'elle met en jeu, & dont elle rend plus puiſſants & plus brillants tous les effets.

Mais pour que le fluide, excité & mis en action par l'expérience de Leyde, ſoit dans ſa plus grande force; il faut qu'il y ait *cercle électrique*, c'eſt-à-dire, un corps ou une ſuite de corps, qui aboutiſſe d'une part à la bouteille, & de l'autre, au conducteur qui porte le fluide électrique dans cette bouteille. Par exemple, il y a cercle électrique ALR, quand je tiens d'une main la bouteille électriſée, & que de l'autre je tire l'étincelle, en préſentant le bout de mon doigt au crochet de la bouteille. Il y aura également cercle électrique dans les trois expériences ſuivantes.

La violente commotion qu'on reſſent dans l'expérience de Leyde, vient de ce que la matiere électrique de la perſonne qui ſoutient a

bouteille & tire l'étincelle, eſt vivement & en même tems choquée, d'une part par le fluide électrique qui ſort du conducteur, & de l'autre par le fluide électrique qui s'élance du verre ou de la bouteille. Cet effet ne differe point eſſentiellement des commotions ou piquures qu'on éprouve, en tirant de ſimples étincelles ou du ſein du globe électriſé VD, ou du ſein de la barre électriſée AB, ſans le ſecours de l'expérience de Leyde, & ſans qu'il y ait cercle électrique : il n'y a de différence que du plus au moins.

Ce qu'il y a de plus ſingulier dans l'expérience de Leyde, c'eſt que les conducteurs qui forment le cercle électrique, & qui tranſmettent l'action du fluide électrique depuis la bouteille juſqu'au crochet, n'ont pas beſoin d'être iſolés. Le fluide qui les enfile, paſſe par la route la plus courte, du conducteur à la bouteille, & de la bouteille au conducteur, ſans ſe communiquer dans ſa route, aux corps électriſables par communication, qui communiquent avec ces conducteurs; comme on le verra dans les expériences qui ſuivent.

1078. EXPÉRIENCE VI. *Tranſmettre la commotion électrique, par le moyen de l'expérience de Leyde, à un nombre quelconque de perſonnes qui forment cercle électrique.*

EXPLICATION. Soit un nombre quelconque de perſonnes, par exemple, deux ou trois cents, ou beaucoup plus, ſi l'on veut, ſe tenant toutes par la main ſans être iſolées; en telle ſorte que la premiere tienne d'une main la bouteille électriſée L, & donne l'autre main à la perſonne qui

la ſuit; & que la derniere de cette file, qu'on peut augmenter ou diminuer indéfiniment, donnant une main à la perſonne qui la précede, préſente l'autre main R au fil de fer A *r* qui ſort de la bouteille électriſée.

Au moment & à l'inſtant où le bout du doigt eſt préſenté au conducteur ou au crochet de la bouteille électriſée; tout ce nombre quelconque de perſonnes, depuis celle qui ſoutient la bouteille, juſqu'à celle qui tire l'étincelle en *r* ou en A, reçoit une très-violente commotion dans les bras, dans la poitrine, dans tout le corps & ſur-tout dans toutes les jointures; ſans qu'on puiſſe appercevoir aucun intervalle de tems entre la commotion reçue par la premiere, & la commotion reçue par la derniere.

On obſervera la même choſe dans la perſonne qui ſe trouve au milieu de cette longue file, en dirigeant le cercle électrique, ou le nombre de perſonnes qui ſe tiennent par la main, de telle ſorte que la perſonne qui occupe le milieu, ſe trouve placée, ainſi que la premiere & la derniere de la file, auprès de la bouteille électriſée. Car il n'eſt pas néceſſaire que le *cercle électrique* ait une figure circulaire : il ſuffit qu'il forme une communication non interrompue, en ligne quelconque, entre la bouteille & ſon conducteur.

Avec quelle inconcevable vîteſſe doit ſe mouvoir le fluide électrique, qui élancé à la fois & du ſein de la bouteille & du ſein du conducteur en des ſens oppoſés, agit & s'entre-choque au même inſtant ſenſible, dans tout cet immenſe nombre de perſonnes!

1079. REMARQUE. On peut faire une autre

expérience, qui pour le fond, revient à la précédente. Soient autour d'un vaſte enclos ou d'une grande plaine, deux fils de fer, chacun de trois ou quatre mille toiſes de longueur, dont les quatre extrêmités doivent aboutir auprès de l'endroit où la bouteille de Leyde doit être électriſée. Ces deux fils de fer, qu'il n'eſt point néceſſaire d'iſoler, & qui peuvent repoſer indifféremment ou ſur la terre ou ſur des branches d'arbre, vont former *cercle électrique* autour de la bouteille de Leyde, par l'arrangement que nous allons expoſer.

Soient autour de la bouteille électriſée trois perſonnes : la premiere tiendra d'une main la bouteille, & de l'autre l'extrêmité du premier fil : la ſeconde tiendra d'une main l'extrêmité du premier fil, & de l'autre l'extrêmité du ſecond fil : la troiſieme tiendra en main l'autre extrêmité du ſecond fil, & la préſentera au crochet de la bouteille électriſée. Il y aura, comme on voit, cercle électrique, ou une ſuite non interrompue de corps électriſables par communication, entre le verre de la bouteille & le fil de fer qui ſort du collet de la bouteille.

Au même inſtant ſenſible, ces trois perſonnes reçoivent une violente commotion, quoique le fluide électrique qui la produit, ait dû néceſſairement parcourir trois ou quatre mille toiſes, pour ſe porter d'une extrêmité à l'autre de chacun de ces fils ; ou pour paſſer des deux perſonnes extrêmes, dont l'une ſoutient la bouteille & l'autre tire l'étincelle, à la perſonne du milieu qui tient en ſes mains les deux extrêmités oppoſées des deux fils de fer par où coule & agit ſur elle le fluide électrique. *Que de reſſem-*

blance entre la rapidité du fluide électrique qui nous donne des commotions, & la rapidité du fluide animal qui nous donne des ſenſations!

Il eſt indifférent que les fils de fer ſoient iſolés ou non iſolés : parce qu'il conſte par les obſervations, que *dans l'expérience de Leyde la vertu électrique ſuit le chemin le plus court, ſans ſe partager avec les maſſes étrangeres aux corps qui forment le cercle électrique.* Principe certain & inconteſtable; quelque difficulté qu'il y ait à en rendre raiſon.

1080. EXPÉRIENCE VII. *Tranſmettre l'action du fluide électrique, à travers une riviere ou un étang, par le moyen de l'eau qui ſert de conducteur & qui contribue à former cercle électrique.*

EXPLICATION. Soient deux perſonnes, auprès d'une bouteille de Leyde fortement électriſée; deux autres perſonnes, aux deux extrêmités oppoſées d'un grand baſſin d'eau tranquille, de trente ou quarante toiſes de diametre; deux fils de fer plus ou moins longs, qui puiſſent aboutir de la bouteille électriſée au baſſin d'eau.

La premiere perſonne tient d'une main la bouteille électriſée, & de l'autre une extrêmité du premier fil de fer; tandis que la ſeconde perſonne, placée auprès de l'eau, tient d'une main l'autre extrêmité de ce même fil de fer, & plonge l'autre main dans l'eau.

La troiſieme perſonne, placée à l'autre bout du baſſin, plonge une main dans l'eau, & tient de l'autre une extrêmité du ſecond fil de fer; tandis que la quatrieme perſonne tenant ou prenant en main l'autre extrêmité du même fil de

fer, la préſentera au crochet de la bouteille & tirera l'étincelle.

Au même inſtant ſenſible, ces quatre perſonnes reçoivent une violente commotion; & cette commotion n'a point lieu, quand l'une des deux perſonnes placées auprès du baſſin, manque d'avoir ſa main plongée dans l'eau, au moment où l'étincelle eſt tirée: ce qui démontre que l'eau de ce baſſin fait la fonction de conducteur, & contribue à former le *cercle électrique* dans cette expérience. Le fluide électrique paſſe par la ligne la plus courte, d'une main plongée dans l'eau à l'autre main plongée dans l'eau, par le moyen d'un filet d'eau intercepté entre ces deux mains, ſans électriſer toute l'eau du baſſin: parce qu'il ne ſe partage pas avec les maſſes étrangeres au cercle électrique. (1079.)

1081. EXPÉRIENCE VIII. *Tuer un moineau ou un pigeon ou tel autre petit animal, d'un coup d'électricité, par le moyen de l'expérience de Leyde.*

EXPLICATION. I°. Tenant d'une main la bouteille électriſée, & de l'autre le pigeon, préſentez le crâne du petit animal au crochet de la bouteille: il y aura cercle électrique (1077); & l'étincelle ou le torrent électrique, qui jaillira avec la plus grande impétuoſité dans la tête du pigeon, en ébranlera violemment toutes les fibres, en détruira l'organiſation, lui donnera la mort. Mais le coup qui fait périr le petit animal, ſe fera auſſi ſentir dans vous: parce que vous faites partie du cercle électrique qui tranſmet le fluide.

II°. Pour donner le coup mortel au pigeon, ſans

ſans en eſſuyer le contre-coup ; fixez le pigeon ſur une table ou ſur tel autre ſupport électrique ou non électrique : attachez un fil de fer autour de la panſe de la bouteille, & faites aboutir ce fil juſqu'au petit animal qu'il embraſſera en faiſant autour de lui une ou pluſieurs révolutions : le petit animal communiquera avec la bouteille, par le moyen de ce fil de fer qui l'embraſſe & qui embraſſe en même tems la bouteille.

Pour achever le cercle électrique, prenez un fil de fer pointu, emmanché par le milieu au bout d'un bâton de cire d'Eſpagne, qui n'eſt point électriſable par communication ; & ſuſpendez ce fil au crochet de la bouteille, en telle ſorte que ſa pointe puiſſe atteindre la tête de l'animal qui doit en être la victime.

Quand la bouteille ſera ſuffiſamment électriſée ; empoignez le bâton de cire d'Eſpagne, qui n'étant pas électriſable par communication, ne peut point vous tranſmettre le coup électrique ; & préſentez la pointe du fil de fer à la tête du pigeon : il y aura *cercle électrique* ; & la commotion, dans ſa plus grande force, fera périr, comme auparavant, le petit animal, ſans vous faire ſentir ſon action ; parce que le fluide électrique, dardé de la bouteille au crochet & du crochet à la bouteille, n'a aucun conducteur qui le porte dans vous.

1082. REMARQUE. Par un artifice aſſez ſemblable à celui qui fait périr un pigeon ou un poulet, on peut percer une main de papier, allumer de la poudre ou de l'eſprit-de-vin. Il ne s'agit que d'établir un cercle électrique, entre la panſe de la bouteille de Leyde, & le crochet

indéfiniment prolongé de cette même bouteille.

Par exemple, une main de papier, placée & preſſée ſur la pointe d'un fil de fer qui va embraſſer la bouteille électriſée, ſera percée de part en part; quand la pointe d'un autre fil de fer qui communique avec le crochet de la bouteille, viendra ſe préſenter à cette main de papier, au-deſſus de la pointe inférieure. Les deux torrents électriques, qui partent l'un de la panſe & l'autre du crochet de la bouteille, paſſent d'un fil de fer à l'autre, & emportent ou diſſipent par leur choc infiniment rapide, les ſubſtances qui s'oppoſent à leur paſſage d'un fil à l'autre par la route la plus courte : delà le trou qu'on apperçoit dans toute cette main de papier, quand l'électricité eſt très-forte.

On conçoit facilement que ſi une certaine quantité de poudre bien ſeche & un peu broyée, ſe trouvoit placée entre ces deux mêmes pointes; le choc de ce double torrent dégageroit infailliblement ſon phlogiſtique, & produiroit une ſubite inflammation dans toute cette ſubſtance facilement combuſtible.

1083. EXPÉRIENCE IX. *Aimanter une aiguille de fer, par le moyen de l'électricité.*

EXPLICATION. Soit une aiguille de fer, ſemblable à celles que l'on fait pour les bouſſoles, poſée horiſontalement entre deux lames de verre. Menez un fil de fer, de la panſe de la bouteille de Leyde, à une pointe de l'aiguille : prenez enſuite un autre fil de fer, que vous attacherez par un bout au crochet de la bouteille, & que vous emmancherez au bout d'un bâton de cire d'Eſpagne; & tenant ce fil de fer par ſon

manche, préſentez l'extrêmité à l'autre pointe de l'aiguille, quand l'électricité ſera dans ſa plus grande force : il y aura cercle électrique, & le coup fulminant aimantera cette aiguille. Selon M. Franklin, de qui nous tenons cette expérience,

I°. Cette aiguille, poſée ſur un pivot où elle puiſſe ſe mouvoir librement, tournera conſtamment une de ſes pointes, celle qui a reçu le coup fulminant ou l'étincelle, vers le nord ; & l'autre vers le midi ; comme ſi elle avoit été paſſée ſur un aimant : avec cette différence, que ce magnétiſme s'affoiblira ſenſiblement au bout de quelque jours ou de quelques mois ; ce qui n'arrive pas aux aiguilles qui ont été paſſées ſur une pierre d'aimant.

II°. Par un ſemblable artifice, vous changerez à volonté les poles de la même aiguille : il ne s'agit que d'électriſer de la même maniere la pointe oppoſée, en faiſant tomber ſur elle l'étincelle ou le coup fulminant qui avoit affecté la premiere pointe.

III°. Le capitaine Waddel, dans la relation qu'il a donnée de la foudre tombée ſur ſon vaiſſeau, marque que ſes bouſſoles perdirent la vertu de l'aimant, ou que les poles en furent changés. La même choſe arrive dans les expériences électriques : le coup d'électricité détruit le magnétiſme, ou change les poles, des aiguilles qui ont été paſſées ſur l'aimant.

1084. COROLLAIRE. Il reſulte de cette expérience, qu'il y a une grande *analogie entre le fluide électrique & le fluide magnétique*, ſans que cette connoiſſance nous mene à de grandes lumieres ſur la nature & ſur le méchaniſme de ce

double principe, qui n'eſt vraiſemblablement que le même principe différemment modifié à certains égards.

1085. EXPÉRIENCE X. *Accélérer l'écoulement des liqueurs dans des petits tubes, par le moyen de l'électricité.*

EXPLICATION. Soit un vaſe plein d'eau, & garni de petits tubes verticaux, par où l'eau ne puiſſe s'écouler que goutte à goutte : ſuſpendez ce vaſe à la barre de fer électriſée AB, par le moyen d'un fil de fer qui lui communiquera l'électricité, & qui le tiendra iſolé au milieu de l'air.

I°. A meſure que l'eau de ce vaſe s'électriſe, on la voit couler avec plus d'abondance par les petits tubes verticaux ; & ſes gouttes, en quittant le bout des petits tubes, s'éparpillent en forme de goupillon hériſſé de feu.

II°. Quand l'eau coule en filets continus par des tubes un peu plus grands, l'écoulement ne s'accélere point ; & ſi on préſente le doigt à ce jet, fût-il de deux ou trois lignes de diametre, on le voit ſortir de la ligne verticale pour ſe porter vér la main ; d'où il fait jaillir des étincelles très-piquantes, avec leſquelles on met le feu aux liqueurs & aux vapeurs inflammables.

1086. REMARQUE. Cette expérience, ou le mouvement des liquides accéléré dans des tubes capillaires par l'électricité, fit ſoupçonner que l'électricité pourroit bien influer dans le développement des germes, dans la végétation des plantes : l'expérience a démontré que ce ſoupçon étoit bien fondé. Des germes de différentes plantes, ſoumis à une électriſation ſoutenue pendant

un certain nombre de jours (1073, V°.), ſe ſont développés plus promptement que leurs ſemblables qui n'éprouvoient point la même électricité : des plantes, ſoumiſes à une ſemblable électriſation, ont produit des feuilles ou des fleurs, plutôt que d'autres plantes ſemblables expoſées à la même température, mais qui n'étoient point électriſées de même.

Il réſulte de ces obſervations & de ces expériences, que l'*électricité eſt un des grands agents de la nature dans la végétation des plantes* : mais le myſtere ou le ſecret de la nature en ce genre, n'en reſte pas moins impénétrable pour nous, qui ne connoiſſons que très-imparfaitement & la nature & l'action du principe électrique.

1087. EXPÉRIENCE XI. *Imiter le tonnerre, par le moyen de l'électricité.* (fig. 100.)

EXPLICATION. Soit une glace très-mince & bien unie ZX, de deux ou trois ou quatre pieds de diametre, étamée des deux côtés, & affermie ſur un fort quadre de bois. Sur le teint de ſa ſurface ſupérieure, quand la glace ſera poſée à peu près horiſontalement, tracez une bordure d'environ trois pouces de largeur ; & avec un ciſeau de cuivre ou avec tel autre inſtrument, enlevez en l'étain, en obſervant d'arrondir les angles & de ne point laiſſer de bavures en pointes dans tout le circuit. Sur le milieu de cette glace ainſi préparée, laiſſez tomber une petite chaîne de fer, du conducteur AB, pour y conduire & pour y entaſſer le torrent électrique.

I°. Si le tems eſt favorable, & que l'on ſoit dans l'obſcurité ; après douze ou quinze tours de roue, on apperçoit ſur les bords de l'étain

quelques étincelles, qui augmentant en nombre & en force, repréſentent aſſez bien un ciel tout enflammé, tel que celui qui précede les grands orages & qui s'apprête à éclater en éclairs & en tonnerres.

Le fluide électrique, qui paſſe du globe électriſant au conducteur AB, & de ce premier conducteur au ſecond conducteur TO, s'entaſſe & s'accumule avec ſurabondance dans l'étain qui adhere à la partie ſupérieure de la glace; & qui, comme toutes les ſubſtances métalliques, s'électriſe très-fortement par communication. Cet étain eſt iſolé : puiſqu'il ne communique qu'avec la glace & avec l'air, qui ne s'électriſent pas par communication; la bordure de la glace interrompant la communication entre la couche ſupérieure & la couche inférieure de l'étain.

II°. En continuant & en forçant l'électriſation, dont on peut augmenter l'énergie par le moyen de la bouteille de Leyde; on voit l'inflammation toujours croiſſante de cette ſurface étamée & iſolée, ſe terminer par une violente exploſion, qui fait avec le plus brillant éclair, un bruit auſſi éclatant que celui du plus fort coup de fouet.

III°. Après cette exploſion, l'on trouve ſur la glace, à l'endroit où elle s'eſt faite, une trace blanchâtre plus ou moins apparente, aſſez ordinairement en zigzag; qui traverſe la bordure découverte, depuis le bord de l'étain juſqu'au cadre, ſous lequel elle va ſe perdre. En paſſant le doigt ou l'ongle ſur cette glace, à l'endroit où s'eſt faite l'exploſion, on trouve que la glace y eſt dépolie & raboteuſe : ce qui prouve évidemment que la matiere électrique pénetre le verre; quoiqu'elle le pénetre & le traverſe plus diffi-

cilement que la plupart des autres ſubſtances.

IV°. Si immédiatement après l'exploſion, on approchoit le nez de l'endroit où elle s'eſt faite, l'on y ſentiroit infailliblement une odeur de ſoufre très-frappante. Cette odeur, très-volatile, s'exhale en fort peu de tems; mais elle laiſſe des ſignes non équivoques de ſon exiſtence: car il ne faut que deux ou trois exploſions ſemblables à celle dont nous venons de parler, pour en remplir une chambre.

Il n'y a perſonne, dit M. d'Alibart, qui ne reconnoiſſe à ces traits, le plus redoutable de tous les météores, le tonnerre: c'eſt la raiſon pour laquelle on a donné à cette expérience, le nom de *tonnerre artificiel*. Nous reconnoiſſons ſans peine, avec tous ou preſque tous les phyſiciens modernes, qu'il y a une très-grande *analogie entre la matiere électrique & la matiere du tonnerre*; ſans que nous ſoyons beaucoup plus éclairés qu'auparavant & ſur la nature & ſur la formation & ſur l'action de ce redoutable phénomene: nous montrerons bientôt plus en détail, cette analogie.

1088. EXPÉRIENCE XII. *Faire l'expérience du tableau magique.*

EXPLICATION. Ayez une glace aſſez mince ZX, d'environ deux ou trois pieds de diametre; un cadre propre à recevoir & à ſoutenir cette glace; une eſtampe ou gravure en papier, de même grandeur que la glace. Coupez tout autour de cette eſtampe, une bordure d'environ deux pouces de largeur: l'eſtampe ſera diviſée en deux parties, dont l'une doit être collée ſur la partie antérieure, & l'autre ſur la partie poſté-

rieure de la glace; comme nous allons l'expliquer.

I°. Sur la *ſurface poſtérieure* de la glace, ou ſur la ſurface qui doit être derriere le cadre, fixez avec de la colle légere ou avec une eau gommée, la bande de l'eſtampe, que vous avez ſéparée du reſte, en la ſerrant & en l'uniſſant bien. Dorez avec de l'or ou avec du cuivre en feuille, le milieu de cette ſurface, la partie interceptée entre la bordure. Dorez de même tout autour, excepté le haut, la partie du cadre ſur laquelle doit repoſer la bande collée ſur la glace; & établiſſez une communication entre la dorure du cadre, & la dorure du milieu de la glace. Ce côté de la glace eſt préparé & fini pour l'expérience; & poſant la glace ſur ſon cadre, on la couvre par derriere d'un carton, propre à empêcher que la dorure ne ſe gâte.

II°. Dans la *ſurface antérieure* de la glace, ou dans la partie de la glace qui doit être expoſée à la vue, dorez exactement la partie du milieu ſur toute la dorure de derriere: & quand cette dorure ſera ſeche, couvrez-la, en collant ſur elle le milieu de l'eſtampe qui avoit été ſéparée de la bande; obſervant de rapprocher les parties correſpondantes de la bande & du portrait. Par ce moyen, le portrait paroîtra tout d'une piece, comme auparavant: ſeulement une partie eſt derriere la glace; & l'autre devant. La partie de cette ſurface antérieure, qui correſpond à la bande collée par derriere, reſte vuide & découverte, entre le cadre & la dorure du milieu; & par là, cette dorure ſe trouve iſolée, & propre à recevoir & à retenir avec ſurabondance le fluide électrique. Ce tableau encadré

ſera ce qu'on appelle le *tableau magique ;* nom qui lui vient de ce que, par une ingénieuſe & innocente charlatannerie, on attribue quelquefois à l'objet quelconque qui ſe trouve repréſenté dans ce tableau, des connoiſſances que la ſeule magie pourroit donner; comme nous l'expliquerons bientôt.

III°. Ce tableau étant poſé à peu près horiſontalement ſur un ſupport convenable, par exemple, ſur une petite table; on fera deſcendre une petite chaîne de fer TO ſur le milieu de la glace, pour y conduire le fluide électrique excité & mis en jeu par le globe électriſant VD; & on mettra en O, ou une piece d'argent, ou une petite couronne dorée, ou un cachet de métal.

Quand le tableau ſera médiocrement électriſé; qu'une perſonne empoigne d'une main le cadre du tableau, de ſorte que ſes doigts touchent la dorure derriere la glace; & que de l'autre main elle tâche d'enlever la couronne ou le cachet ou la piece d'argent : elle recevra une commotion épouvantable, & manquera ſon coup.

Cette électricité eſt quelquefois ſi violente, que ſi on tire l'étincelle à travers une main de papier couchée ſur le portrait, par le moyen d'un fil d'archal de communication emmanché à un bâton de cire d'Eſpagne; elle perce cette main de papier toute entiere, laiſſant un trou viſible à chaque feuille : ce qui prouve que cete étincelle peut être dangereuſe pour le ſujet qui la recevroit dans ſon corps.

IV°. Quand le tableau eſt plus ou moins fortement électriſé; qu'une perſonne tienne d'une main le cadre dans la partie où ce cadre eſt ſans dorure; & qu'elle porte l'autre main ſur la

couronne ou ſur le cachet : elle pourra toucher le milieu du tableau, prendre & remettre la couronne ou le cachet, ſans danger, ſans eſſuyer la commotion.

Nous aimons mieux, à l'exemple du célebre Franklin, auteur de cette expérience, ne donner aucune explication de cette différence de phénomenes, que d'en donner des raiſons qui pourroient ne pas paroître aſſez ſatisfaiſantes.

V°. On conçoit aiſément comment on peut tourner en petite charlatannerie, cette expérience : en voici un exemple, qu'on peut varier & métamorphoſer à l'infini. Je fus averti par hazard, il y a quelques années, que trois jeunes phyſiciens avoient paſſé une après-dînée dans un billard que leurs parents leur avoient expreſſément défendu de fréquenter. Je faiſois alors quelques expériences d'électricité, par le moyen d'un tableau magique d'une médiocre énergie, & dont les commotions ne pouvoient pas être dangereuſes. Les trois délinquants aſſiſtoient à ces expériences, avec un grand nombre d'autres jeunes gens. Le petit bonhomme du tableau, leur dis-je, ne peut ſouffrir l'odeur du billard : il entre en fureur, il tonne, il fulmine contre quiconque en eſt infecté ; bon enfant d'ailleurs envers le reſte des humains. J'empoignai le cadre d'une main, du côté où il n'y avoit point de dorure ; & de l'autre je pris & repris pluſieurs fois tranquillement un cachet d'argent poſé ſur le tableau. Un jeune homme, dont je plaçai la main au même endroit, en fit de même. Enſuite un ſecond, enſuite un troiſieme firent encore la même choſe.

L'un des joueurs de billard, qui faiſoit bonne

contenance, & qui ne ſoupçonnoit nullement que le ſecret eût été trahi, s'approche : je place ſa main, ſans qu'il y faſſe attention, ſur la partie dorée du cadre ; & il ſe prépare à prendre avec l'autre main, le cachet d'argent. A l'inſtant une commotion violente & inattendue le repouſſe, l'empêche d'atteindre le cachet, & lui arrache l'aveu public du petit délit : ce qui amuſa beaucoup ſes condiſciples. Il crut le petit bonhomme réellement magicien ; & ce ne fut qu'après avoir vu & éprouvé la différente poſition de main, qu'il reconnut enfin que la magie du petit homme du tableau ne s'étendoit pas bien loin.

1089. REMARQUE. La *machine électrique*, que nous avons ſuppoſé compoſée d'une grande roue de bois & d'un globe creux de verre, peut être faite de pluſieurs autres manieres différentes. Par exemple,

Une ſimple roue de verre, d'environ deux pieds de diametre, qu'on fait tourner ſur un axe entre deux couſſinets de peau emplis de ſon, & qui eſt terminée en rayons ou hériſſée de dents, produit une plus grande électricité, & eſt ſujette à moins de dangers, que le globe de verre VD. Cette roue en mouvement, s'électriſe par le frottement des couſſinets, & tranſmet le fluide électrique à un ou à pluſieurs conducteurs, tels que CD, qui le portent & l'accumulent avec ſurabondance dans la barre ou dans le canon de fer AB. (*fig.* 100.)

Le globe de verre VD eſt ſujet à ſe caſſer par mille accidents qu'on ne peut prévoir, & auxquels on ne peut parer ; & quand il éclate pendant qu'on électriſe, il peut emporter les mains

à celui qui le frotte ; & aveugler ou eſtropier en pluſieurs manieres, les ſpectateurs. C'eſt pour cette raiſon en particulier, que nous jugeons les machines électriques à roues de verre, infiniment préférables aux machines électriques à globes de verre.

ARTICLE SECOND.

PHÉNOMENES DE L'ÉLECTRICITÉ NATURELLE.

1090. OBSERVATION. LA plupart des belles découvertes doivent leur origine au haſard : la découverte d'une *électricité naturelle*, ou d'une électricité exiſtante dans la nature & excitée par la ſeule action de la nature en certains tems, doit ſon origine au génie. Le célebre Franklin, Anglois de nation, fixé à Philadelphie en Amérique, oſa le premier, vers le milieu de ce ſiecle, ſoupçonner l'athmoſphere terreſtre d'être toute électriſée dans les contrées où va gronder le tonnerre. Plein de cette idée, qui annonce & la pénétration & l'étendue & la hardieſſe de ſon génie, il oſa inviter tous les phyſiciens du monde, à ſoutirer le feu du ciel dans un tems d'orage, par un méchaniſme dont il fit connoître l'artifice ; & à électriſer les corps terreſtres, par le moyen de l'électricité céleſte.

S'il falloit du génie pour enfanter cette idée, il en falloit auſſi pour l'adopter. M. d'Alibard, zélé ſectateur du phyſicien Américain, eut le courage de faire conſtruire à Marly-la-Ville, ſelon les idées & les vues de M. Franklin, une

machine propre à aller s'électriſer dans les nuages: le 20 mai 1752, la machine fut électriſée par un nuage qui ne donna qu'un ſeul coup de tonnerre.

Depuis lors cette expérience, qu'on a nommée l'*expérience de Marly-la-Ville*, a été répétée avec le plus grand ſuccès en France, en Italie, en Angleterre, en Allemagne, en Moſcovie, en Amérique; & l'exiſtence d'une électricité naturelle en certains tems, a été pleinement démontrée. Les expériences ſuivantes feront voir par quel méchaniſme on peut démontrer l'exiſtence de cette électricité naturelle; & comment on peut, par ſon moyen, électriſer les corps terreſtres.

1091. EXPÉRIENCE I. *Electriſer une barre de fer, par le moyen des nuages; ou faire l'expérience de Marly-la-Ville.* (fig. 100 & 101.)

EXPLICATION. Il conſte par les expériences & par les obſervations qu'on a faites dans ces derniers tems dans toutes les contrées du monde, que les nuages ſont quelquefois électriſés; quoique nous ne ſachions pas aſſez comment & par quel méchaniſme ils s'électriſent. La preuve qu'ils ſont électriſés, c'eſt qu'ils électriſent les corps qu'ils avoiſinent; comme on le verra dans la barre de fer dont nous allons parler. Un nuage électriſé eſt dans le même cas que le conducteur électriſé AB, & que l'homme électriſé & iſolé IK: plein d'une quantité ſurabondante de feu électrique en mouvement, il communique ſa ſurabondance à tout corps électriſable par communication, qui ſe rencontre dans ſa ſphere d'ac-

tivité; ce qu'il ne pourroit pas faire, s'il n'étoit pas électrisé. (*fig.* 101.)

I°. Soit une longue tringle ou pyramide de fer RS, isolée, ou fixée sur des supports incapables de s'électriser par communication, & placée dans un lieu fort élevé, par exemple, sur le donjon d'un château, ou sur le sommet d'une petite montagne. Quand le nuage électrisé R approchera ou touchera cette tringle ou pyramide; elle s'électrisera par communication, en soutirant subitement ou peu à peu le feu électrique dont le nuage est surchargé: comme l'homme IK soutire le feu électrique dont est surchargé le conducteur électrisé AB; soit que cet homme touche immédiatement ce conducteur, soit qu'il ne le touche que par le moyen de la chaîne MN.

II°. Cette tringle ou pyramide isolée RS ne peut transmettre ni à l'air qui l'environne, ni aux supports qui la fixent & sur lesquels elle repose, le fluide électrique que le nuage lui communique: parce que ces corps ne sont point électrisables par communication. Le fluide ou le feu électrique s'y accumule & s'y condense donc, ainsi que dans le conducteur isolé AB, ou dans l'homme isolé IK: avec cette différence, que le nuage électrisant peut, à raison de son immense étendue, communiquer à la tringle ou pyramide de fer RS, une quantité de feu électrique immensément plus grande, que celle que le globe électrisant VD envoie au conducteur AB.

III°. Quand cette tringle ou pyramide RS ne communique qu'avec des nuées ou des vapeurs non électrisées, elle ne donne aucun signe d'électricité: on peut lui présenter la main, & la

toucher, ſans en recevoir aucune commotion. Mais quand elle communiquera avec quelque nuée ou avec quelques vapeurs fortement électriſées, elle produira en grand tous les phénomenes électriques qu'on obſerve en petit dans le conducteur électriſé AB : c'eſt-à-dire, que ſa pointe dardera un grand torrent de matiere lumineuſe en forme d'aigrettes ; que toute ſa ſurface attirera & repouſſera avec violence, les petits corps contigus ; que ſi quelque être vivant vient ſe placer à ſon voiſinage & dans ſa ſphere d'activité, il en recevra une violente commotion, capable de lui donner ſubitement la mort. C'eſt ainſi, dit-on, que périt en 1753, M. Richman, profeſſeur de phyſique à Pétesbourg : s'étant approché par mégarde d'une barre de fer électriſée par un tems orageux, il en reçut une commotion aſſez ſemblable à celle d'un coup de tonnerre.

IV°. Pour éprouver ſans danger, ſi la tringle ou pyramide iſolée RS eſt électriſée ; il faut avoir recours à quelque moyen propre à nous garantir des coups funeſtes qu'elle peut nous porter ; par exemple, à un fil de fer, emmanché dans le cou d'une forte bouteille de verre. Ce fil de fer, préſenté à la tringle ou pyramide électriſée, ſoutirera ſon feu électrique ; parce qu'il eſt électriſable par communication : mais il ne tranſmettra point l'étincelle & la commotion à la main qui tient le fond de la bouteille ; parce que la bouteille, qui ſépare le fil de fer de la main, n'eſt point électriſable par communication. Le feu électrique jaillira donc en petit éclair, & éclatera en petit tonnerre, entre la pyramide & le fil fer, ſans ſe tranſmettre en torrent ſur la

perſonne qui fait l'épreuve ; à moins que le torrent électrique ne fût aſſez fort pour faire éclater la bouteille & pour s'étendre juſqu'à celui qui la tient : ce qui pourroit peut-être abſolument arriver, ſi la pyramide électriſée étoit & très-grande & très-fortement électriſée.

V°. Il eſt inutile d'avertir qu'il n'eſt pas facile d'*iſoler* la tringle ou pyramide de fer RS, & de la ſoutenir fixément *iſolée* en l'air dans une ſituation verticale, contre l'impulſion des orages qui peuvent & doivent l'attaquer. Cet ouvrage demande néceſſairement & bien des dépenſes & bien des précautions qu'on imagine aiſément, quand on ſait ce que c'eſt qu'iſoler un corps non électrique (1067). Nous nous bornerons à obſerver, que les cordes même de ſoie ne ſont point propres à iſoler la tringle ou pyramide en queſtion, ſi elles ne ſont pas garanties de la pluie & de l'humidité dans la partie qui touche cette tringle : parce que l'eau ſert de véhicule au fluide électrique à travers la ſoie. Il faut donc que les cordes de ſoie qui embraſſent la tringle, & qui doivent ſervir à la lier à un échafaudage convenable, ſoient couvertes par des eſpeces d'entonnoirs renverſés, qui empêchent & l'eau qui tombe des nues & l'eau qui coule ſur la tringle, de les aller mouiller.

1092. REMARQUE. Si la tringle ou la pyramide RS, au lieu d'être iſolée, étoit ſimplement poſée & fixée ou ſur un rocher ou ſur un mur ou ſur la terre ; elle ſoutireroit également le feu électrique des nuages orageux : puiſqu'elle ne ceſſe point par là d'être électriſable par communication. Mais ce feu électrique, au lieu de s'entaſſer & de s'accumuler avec ſurabondance dans

dans la tringle qui le ſoutire des nuages électriſés, s'échapperoit à chaque inſtant de ſon ſein, en ſe communiquant ſans ceſſe aux corps contigus, & par ce moyen, à la maſſe entiere de la terre. Ainſi cette tringle ou pyramide ne ſeroit jamais électriſée; parce qu'elle n'acquerroit jamais une ſurabondance permanente de feu électrique. C'eſt ainſi que la barre de fer AB ne s'électriſe point, quand elle n'eſt pas iſolée, ou qu'elle communique avec un corps non électrique qui n'eſt pas iſolé : parce qu'elle perd à chaque inſtant autant de fluide électrique, que lui en envoie le globe électriſant VD.

I°. Il eſt vraiſemblable que tous les corps terreſtres qui s'élevent dans l'athmoſphere, tels que les arbres, les rochers, les bâtiments, font ſur les nuages électriſés qui les touchent, un effet aſſez ſemblable à celui que produiroit la pyramide non iſolée dont nous parlons; avec cette différence cependant, que le fer, ſur-tout s'il eſt terminé en pointe, attire plus efficacement & de plus loin que les arbres & les terres & les pierres, le feu électrique. Ces corps ſervent donc à décharger l'athmoſphere d'une partie du feu électrique qui menace nos têtes.

II°. Prétendre, avec certains ſectateurs de M. Franklin, que quelques tringles de fer, dreſſées dans l'athmoſphere autour d'un château, le garantiront perſévéramment du feu du ciel, en ſoutirant & en diſſipant ſucceſſivement le feu électrique qui forme le tonnerre; c'eſt ſe flatter d'une brillante chimere, que détruiſent & l'expérience & la raiſon. L'expérience nous apprend que la foudre, ou le torrent de feu qui s'échappe des nuages électriſés, frappe le plus ſouvent

les corps qui s'élevent le plus dans l'athmoſphere, & qui ſont le plus à portée de l'attirer : *feriuntque ſummos fulmina montes.* La raiſon nous apprend que, puiſqu'un corps électriſé darde ſon feu excédent dans le corps qui l'approche le plus ou qui l'attire plus fortement ; élever des pointes de fer vers la région des nuages, c'eſt prendre des moyens pour attirer le feu du ciel ſur les lieux où ſont placés & dreſſés ces corps extrêmement électriſables.

III°. Quand même on ſuppoſeroit que les pointes de fer, dreſſées vers la région des nuages, ne s'électriſent point ſubitement & tout à coup ; mais qu'elles s'électriſent inſenſiblement & peu à peu avec le nuage, ſoutirant ſans ceſſe & tranſmettant ſans ceſſe à la maſſe de la terre une partie du feu électrique qui va fulminer & tonner dans la région de l'air ; en ſeroient-elles plus propres à ſoutirer & à épuiſer l'immenſe volume de feu céleſte qui fermente dans un nuage de dix ou douze lieues d'étendue ? Ce ſeroit avancer que quelques tubes, placés de diſtance en diſtance ſur les côtes de la Hollande, la garantiroient d'un déluge dont la menace l'Océan. Cent tringles, ainſi dreſſées autour d'un château, n'y feroient tout au plus, que ce qu'y feroient cent arbres de même hauteur : ce qui certainement n'eſt pas un rempart contre la foudre.

1093. EXPÉRIENCE II. *Conſtruire un cerf-volant électrique ; ou faire d'une autre maniere l'expérience de Marly-la-Ville.* (fig. 10.)

EXPLICATION. I°. Faites une croix de deux petites lattes, aſſez longues pour atteindre aux quatre coins d'un grand mouchoir fin de ſoie ; &

liez les quatre coins de ce mouchoir aux extrêmités de la croix. Par ce moyen, vous aurez le corps d'un cerf-volant AB : en y ajoutant adroitement une queue, une gance, & une ficelle, il s'élevera en l'air, comme ceux qui ſont faits de papier (852). Mais celui-ci, qui eſt de ſoie, ſera plus propre à réſiſter au vent & à la pluie d'un grand orage.

II°. Au ſommet du montant de la croix, fixez un fil d'archal très-pointu, qui s'éleve d'un pied ou plus au-deſſus du bout de la croix : ce fer pointu s'électriſera fortement, à l'approche d'un nuage électriſé.

III°. A l'extrêmité inférieure de ce fer pointu, attachez la ficelle qui doit conduire le cerf-volant. Cette ficelle, électriſable par communication, ſervira de conducteur à la matiere électrique, que le fer pointu ſoutire du nuage électriſé. Si cette ficelle eſt compoſée & de fil de chanvre & de fil de fer ou de laiton cordés enſemble, elle prendra une plus forte électricité : parce que le fluide électrique ſe porte plus aiſément & plus abondamment dans des conducteurs de métal, que dans des conducteurs de chanvre.

IV°. Au bout de la ficelle près de la main, il faut nouer un cordon de ſoie qui interrompe la communication entre la ficelle & la main : ſans quoi celui qui tient la ficelle & qui conduit le cerf-volant, ſeroit expoſé à recevoir un coup funeſte d'électricité, quand le cerf-volant rencontrera un nuage fortement électriſé. Le feu électrique, reçu dans le cerf-volant & dans la ficelle, ne ſera point reçu par le cordon de ſoie qui n'eſt point électriſable par communication, à moins qu'il ne ſoit mouillé : ce feu électrique

ne ſera donc point communiqué & tranſmis à la main ; parce que cette main ſe trouve ſuffiſamment ſéparée des conducteurs électriſés.

V°. On éleve ce cerf-volant, lorſqu'on s'apperçoit qu'on eſt ſur le point d'avoir du tonnerre ; & auſſi-tôt que quelques parties de la nuée de tonnerre, viennent ſur le cerf-volant, le fil de fer pointu en attire le feu électrique, qu'il communique à la ficelle juſqu'au cordon de ſoie excluſivement. Il eſt inutile d'avertir que la ficelle ne doit toucher aucune muraille, aucun toit, aucun arbre, aucun corps électriſable par communication, qui puiſſe recevoir & tranſmettre à la maſſe terreſtre, le feu électrique que le cerf-volant emprunte du nuage électriſé.

VI°. Pour examiner ſans danger ſi la ficelle eſt électriſée, il eſt eſſentiel de prendre les précautions dont nous avons parlé ailleurs (1091, IV°.) : la moindre imprudence en ce genre, pourroit procurer à l'obſervateur, le funeſte ſort de M. Richman, en attirant ſur lui le feu du ciel.

La ficelle, ainſi conſtruite, ainſi iſolée, ainſi électriſée, a donné à M. de Romas & à pluſieurs autres obſervateurs, des *traits de feu ſpontanés*, de la groſſeur d'un pouce & de la longueur de dix à douze pieds, qui s'élançoient ſur les corps non électriques les plus voiſins, & qui éclatoient avec un bruit égal à celui d'un coup de piſtolet.

1094. EXPÉRIENCE III. *Conſtruire & un électrometre & un carillon électrique.* (fig. 100.)

EXPLICATION. Comme on a des *barometres*, pour eſtimer le plus & le moins de peſanteur ou de reſſort dans l'air ; des *thermometres*, pour apprécier le plus & le moins de chaleur dans les

corps ; on peut avoir auſſi des *électrometres*, pour connoître ſi l'athmoſphere eſt électriſée ou non, ſi elle eſt plus ou moins électriſée. Pour cela,

I°. Au haut d'un donjon fort élevé, ſuſpendez une tringle ou un canon de fuſil AB, ſur des fils de ſoie, ſous un toit qui garantiſſe le tout de la pluie & de l'humidité : cette tringle ſera iſolée, & propre à s'électriſer par communication. Quand la partie de l'athmoſphere qui enveloppe le donjon, ſera électriſée & diſpoſée à enfanter le tonnerre, cette tringle attirera dans ſon ſein le fluide électrique excité & mis en jeu autour d'elle ; & s'en chargera avec ſurabondance, ſans le communiquer à aucun corps électriſable par communication : elle ſera dans le cas de la barre de fer AB, quand le globe électriſé VD lui tranſmet le fluide électrique.

II°. Sur cette tringle, iſolée dans ſon donjon, ſuſpendez deux fils d'archal, qui deſcendront par des trous pratiqués dans les planchers, juſqu'à votre appartement, ſans toucher aucun corps que l'air, lequel ne s'électriſe pas par communication. Quand la tringle ſera électriſée, les deux fils de fer le ſeront également par communication : ils ſeront dans le cas des chaînes MN, TO, qui participent en plein à l'électricité de la barre électriſée AB.

III°. A l'extrêmité inférieure de ces deux fils recourbés, mettez deux petites clochettes de cuivre ou d'argent, qui participeront à l'électricité des deux fils de fer électriſés ; & entre les deux clochettes, peu éloignées l'une de l'autre & placées à égale hauteur, ſuſpendez par le moyen d'un fil de chanvre *m n*, un petit morceau

de liege traverſé horiſontalement par un fil de fer qui débordera en pointe de part & d'autre.

Par ce moyen, on aura un électrometre. Car, lorſque l'athmoſphere ſera électriſée ſur votre tête, elle électriſera votre tringle iſolée; & cette tringle électriſée électriſera par communication les fils de fer, & les clochettes ſuſpendues à ces fils. Dans ce cas, le liege mobile, en vertu des attractions & des répulſions électriques, ſe portera alternativement vers chaque clochette électriſée, qui d'abord l'attire, & enſuite le repouſſe. Chaque choc d'une des pointes de fer qui débordent le liege mobile, donnera un ſon plus ou moins fort qui vous avertira le jour comme la nuit, que l'athmoſphere plus ou moins fortement électriſée autour de vous, couve l'orage & la foudre.

On conçoit ſans peine que, par le moyen de pluſieurs fils de fer ſuſpendus à la tringle électriſée, & par le moyen de pluſieurs petites clochettes de différent calibre ſuſpendues à ces fils, on peut ſe procurer l'amuſement d'un petit *carillon électrique*, qu'animeront indifféremment & l'électricité artificielle, & l'électricité naturelle.

1095. REMARQUE. Souvent l'athmoſphere eſt électriſée, & par là même diſpoſée à produire la foudre, ſans que l'effet s'enſuive, ou ſans que le tonnerre éclate: parce que le feu électrique ſe diſſipe ou ſe porte ailleurs, avant qu'il ait été en état de faire ſon exploſion. L'athmoſphere eſt alors dans le cas de la barre de fer AB, dont on ne tire point l'étincelle, ou qui n'éclate point en étincelles ſpontanées (1072, X°.). Ainſi votre électrometre pourra vous annoncer la foudre, ſans que la foudre s'allume & éclate.

Souvent auſſi, l'athmoſphere eſt électriſée dans ſa partie ſupérieure, ſans être électriſée dans ſa partie inférieure, où ne s'étendra pas la nuée orageuſe : ainſi votre électrometre, qui ne marque que l'état actuel de cette portion de l'athmoſphere qui l'environne, peut quelquefois ne point vous annoncer l'orage qui éclate au loin en éclairs & en tonnerres au-deſſus de votre tête.

ARTICLE TROISIEME.

CONJECTURES SUR LE FLUIDE ÉLECTRIQUE.

I°. *CAUSES DE L'ÉLECTRICITÉ.*

1096. ASSERTION I. *L'ÉLECTRICITÉ paroît être un effet de l'impulſion.*

DÉMONSTRATION. Tout mouvement dans la nature, a pour cauſe ou l'impulſion ou l'attraction : or l'attraction n'eſt point la cauſe des mouvements électriques : donc ces mouvements électriques ont pour cauſe l'impulſion, ou le choc d'une matiere qui heurte alternativement en différents ſens, les corps que l'on voit attirés & repouſſés. Je démontre la mineure :

I°. Il eſt évident que l'*attraction générale*, ou cette attraction qui affecte univerſellement & indifféremment tous les corps en raiſon directe des maſſes & en raiſon inverſe des quarrés des diſtances, ne produit point les phénomenes électriques, avec leſquels elle n'a & ne peut avoir aucune analogie.

II°. Il eſt évident encore que l'*attraction ſpéciale*, ou la *loi d'affinité*, qui n'agit qu'à une diſtance infiniment petite, qui augmente en force par le contact immédiat, qui n'a priſe que ſur des molécules très-petites & contiguës, qui attire toujours & ne repouſſe jamais la même eſpece de matiere, n'eſt point & ne peut point être la cauſe des phénomenes d'attraction, de répulſion, d'inflammation, que nous obſervons dans les corps électriſés.

Donc l'électricité n'eſt ni un effet de l'attraction générale, ni un effet de l'attraction ſpéciale: donc l'électricité, qui n'a point pour cauſe l'attraction, a néceſſairement pour cauſe l'impulſion; puiſque nous ne connoiſſons que ces deux cauſes de mouvement dans la nature. C. Q. F. D.

1097. ASSERTION II. *Les phénomenes électriques paroiſſent avoir pour cauſe, deux courants ſimultanés d'une matiere très-ſubtile, dont l'un jaillit hors du corps électriſé, tandis que l'autre ſe précipite en même tems dans le même corps électriſé.*

EXPLICATION. Suppoſer l'exiſtence d'un fluide ou de pluſieurs fluides inviſibles, répandus autour des corps & dans l'intérieur de leurs pores; c'eſt ſuppoſer un fait conſtaté par mille & mille preuves expérimentales, un fait que perſonne ne révoque en doute. Mais concevoir ce fluide ou ces différents fluides, comme empliſſant la nature entiere, ou comme n'y laiſſant que d'infiniment petits vuides; c'eſt ajouter à une vérité certaine & inconteſtable, des chimeres ſurannées dont le regne eſt paſſé.

Il y a des fluides dans la nature: mais ces fluides n'y forment point un plein, n'y ont point

une contiguïté qu'on puiſſe comparer à celle du vin qui emplit un tonneau. On pourroit plutôt les comparer à l'eau réduite en vapeurs. Un pouce cubique d'eau, ainſi diviſée & éparpillée en vapeurs, occupe un eſpace de quatorze mille pouces cubiques (731), ſans remplir réellement cet eſpace : puiſque toutes ces molécules d'eau, priſes enſemble, ne rempliroient toujours qu'un pouce cubique ; comme avant l'évaporation.

Après cette obſervation, nous allons indiquer comment on peut concevoir en général l'action de ces fluides & ſur les corps électriſés & ſur les corps non électriſés qu'ils entourent & qu'ils pénetrent ; ſans prétendre que cette théorie puiſſe toujours rendre une raiſon bien ſatisfaiſante de tous les phénomenes de l'électricité, laquelle eſt encore & ſera vraiſemblablement toujours, à bien des égards, le myſtere le plus inconcevable de la nature.

Pour vous former, quoiqu'imparfaitement, quelque idée de l'action du fluide électrique dans les corps électriſés ; concevez un globe creux, qui ait une foule de tuyaux ouverts, aboutiſſants de ſa ſurface à ſon axe, & qui ſoit plongé à moitié dans l'eau.

I°. Quand ce globe roulera rapidement ſur ſon axe, le liquide qui ſortira de ſes tuyaux, ſera divergent ; & le liquide qui entrera dans ſes tuyaux, ſera convergent. C'eſt l'image des deux courants ſimultanés de matiere effluente & affluente dans les corps électriſés, tels qu'on les découvre dans l'expérience d'Hauxbée. (1070.)

II°. Si ces tuyaux ſont flexibles & compreſſibles, le frottement les reſſerrera, & augmentera

la vîteſſe & du liquide qui en ſort, & du liquide qui s'y précipite pour remplacer celui qui s'échappe (636). C'eſt l'image de l'effet que produit le frottement ſur les corps électriques, ou ſur les corps électriſables par frottement. Ce frottement imprime un mouvement inteſtin à toutes les parties du corps qu'on électriſe; & ce mouvement ſe communiquant au fluide répandu dans ſes pores, le fait jaillir d'une part avec plus de vîteſſe & plus d'abondance au dehors; tandis que de l'autre il laiſſe au dedans de grands vuides, où ſe précipite inceſſamment le fluide électrique répandu ou dans l'air ou dans les corps environnants.

III°. Si le liquide qui ſort avec impétuoſité du ſein des tubes, trouve des corps qu'il puiſſe enfiler avec liberté, il coulera par ces corps, comme par autant de canaux; & s'il trouve des obſtacles qui l'empêchent d'en ſortir aiſément, il s'y accumulera juſqu'à ce qu'un excès de plénitude l'en faſſe jaillir avec impétuoſité. C'eſt l'image d'une barre de fer iſolée AB, ou d'un homme iſolé IK, dans leſquels s'entaſſe & s'accumule le fluide électrique, qui ne trouve pas des facilités pour s'en échapper. (*fig.* 100.)

IV°. Si au lieu de ſuppoſer le globe dont nous parlons, à demi plongé dans l'eau, on le ſuppoſe totalement plongé dans un fluide qui puiſſe aiſément s'élancer par différents canaux & hors du globe & dans le globe; on conçoit qu'il y aura en même tems un double courant ſimultané, l'un à rayons divergents, qui s'élance du dedans du globe en dehors; l'autre à rayons convergents, qui coule du dehors en dedans du globe. C'eſt l'image du double mouvement qu'a le

fluide électrique à l'égard du corps électrisé, & qui se rend sensible dans une foule d'expériences.

V°. Si un corps léger se trouve en prise à l'impulsion de ces deux torrents opposés & simultanés, dont l'un convergent a une force toujours croissante, & dont l'autre divergent a une force toujours décroissante, on conçoit que ce corps léger doit être alternativement attiré & repoussé par le fluide; attiré, quand l'impulsion du fluide qui coule dans le corps électrisé, domine; repoussé, quand l'impulsion du fluide qui coule hors du corps électrisé, devient supérieure. Or ce dernier fluide, celui qui coule du dedans au dehors, a d'autant plus de force, qu'il est plus près du corps électrisé; parce qu'il est d'autant moins divergent & d'autant plus dense, qu'il est moins éloigné du point de divergence : le corps attiré par le fluide affluent, doit donc arriver à un point de proximité, où il sera repoussé.

VI°. Si le fluide électrique est composé d'une matiere très-inflammable; le choc des deux courants opposés qui se heurtent avec une inconcevable rapidité, fera jaillir & briller le feu élémentaire combiné avec les substances hétérogenes du même fluide. Delà les étincelles, les inflammations, les autres phénomenes ignés & lumineux, que présente l'électricité. Ces phénomenes ignés & lumineux ne produisent pas toujours une chaleur sensible; & le fluide qui les produit, paroît quelquefois plutôt frais que chaud : parce que ce fluide trop raréfié n'a pas assez de force pour produire un degré de chaleur égal à la chaleur animale.

VII°. Si le fluide électrique étoit de même nature que la lumiere, laquelle se meut avec

une inconcevable vîteſſe (895); ce fluide pourroit dans un inſtant ſe porter en torrent, par un vrai mouvement de tranſlation, à une diſtance très-conſidérable. Delà les commotions ſenſiblement inſtantanées qu'on éprouve aux bouts de deux fils de fer de pluſieurs milliers de toiſes de longueur. (1079.)

II°. DÉPENDANCES DE L'ÉLECTRICITÉ.

Il eſt plus que vraiſemblable que l'électricité joue le plus grand rôle dans toute la nature qui nous environne, par exemple, dans la végétation des plantes & des animaux, dans la reproduction des ſubſtances animales & végétales, dans la formation & dans la diſſipation des météores. Nous nous bornerons ici à obſerver ſon influence & ſon action, dans le tonnerre, dans quelques tremblements de terre, dans les corps aimantés, dans certains mouvements animaux.

L'ÉLECTRICITÉ DANS LE TONNERRE.

1098. ASSERTION I. *Le fluide électrique, enfermé & mis en jeu dans un grand nuage, paroît propre à produire les différents effets du tonnerre.*

EXPLICATION. Soit un grand nuage de pluſieurs lieues de diametre, ou un grand amas de vapeurs & d'exhalaiſons électriſables, auquel l'action des vents ou la chaleur du ſoleil ou quelqu'autre cauſe communique un mouvement inteſtin capable de l'électriſer. (*fig.* 100.)

I°. Ce nuage, ſuſpendu au milieu des airs entre le ciel & la terre, ſera en grand, ce qu'eſt

en petit le conducteur électrisé AB, ou l'homme isolé & électrisé IK : il sera prêt à darder l'immense torrent de feu électrique dont il est surchargé, sur le premier corps non électrique qui l'approchera, par exemple, sur un rocher, sur un château, sur un autre nuage non électrisé. Un immense torrent de matiere électrique, jaillira du nuage électrisé dans tout corps électrisable par communication, qui se trouvera dans sa sphere d'activité : delà l'inflammation lumineuse, ou l'*éclair ;* le pétillement, ou le *bruit du tonnerre ;* la commotion, ou le *coup de foudre*, qui ébranle & quelquefois détruit ou décompose le corps qui le reçoit.

II°. Si ce même nuage, roulant sans cesse ou fermentant sans cesse dans les airs, rencontre un autre nuage non électrisé, & placé au dessous de lui, on verra son feu se précipiter de haut en bas. Si au contraire le nuage électrisé se trouve placé au-dessous du nuage non électrisé, le feu du nuage électrisé se déchargera de bas en haut. C'est ainsi que l'on voit la foudre s'élancer communément de haut en bas, quelquefois aussi de bas en haut.

III°. Si deux nuages électrisés se trouvent portés par les vents l'un contre l'autre ; au lieu de s'attirer, ils se repousseront réciproquement. Si un troisieme nuage non électrisé, vient à se présenter à l'un des deux ; le nuage électrisé le plus prochain lui lance son coup d'électricité, & cesse d'être électrisé. Le nuage qui vient de se décharger de son électricité, prête le flanc à l'autre nuage électrisé, qui décharge à l'instant sur lui son coup électrique ; & l'on entend subitement un second coup de tonnerre.

IV°. Si un grand nuage, trop peu électrisé pour avoir des éruptions spontanées, ne rencontre dans sa route & dans son voisinage aucun corps capable de soutirer subitement & tout à coup son feu électrique; ce feu électrique se dissipe peu à peu & insensiblement, sans éclat & sans commotion, à mesure que la cause de l'électricité cesse : comme le conducteur AB ou l'homme isolé IK, cessent d'être électrisés, quelque tems après que le globe électrisant VD a cessé de continuer à les électriser.

V°. Si le nuage électrisé se trouve assez près de la terre ou de la mer, pour y répandre insensiblement & sans éruption subite, le feu électrique dont il est surchargé; les corps terrestres, les plus élevés & les plus voisins du nuage, surtout s'ils sont terminés en pointes & formés de substances métalliques, soutireront peu à peu ce feu électrique, que l'on verra briller dans un tems obscur, sur les girouettes des vaisseaux & des édifices, où il se précipite en petits torrents convergents, qui y forment des aigrettes lumineuses. Delà ces feux que l'on apperçoit si souvent sur mer au sommet des mâts, dans un tems d'orage & de tonnerre.

VI°. Si le nuage électrisé décharge subitement son feu sur quelque veine métallique qui aboutisse à une grande profondeur dans le sein de la terre; le fluide électrique, qui enfile toujours de préférence les métaux, ira porter sa commotion & faire son explosion à l'extrêmité de cette veine métallique. Delà vraisemblablement la *cause de certains tremblements de terre*, qui ne devront leurs ravages, s'ils ne sont pas aidés par les autres causes dont nous avons parlé ailleurs (844),

qu'à un déluge de feu électrique formant ſon exploſion dans les entrailles de la terre.

1099. ASSERTION II. *Si on conſidere les grands effets du tonnerre, on les trouvera tous en petit dans nos expériences électriques.*

EXPLICATION. I°. Le coup de tonnerre ébranle, diviſe, tue, brûle : le coup d'électricité opere les mêmes effets ; comme il conſte par les différentes expériences que nous avons rapportées.

II°. La matiere fulminante enfile de préférence certaines ſubſtances, par exemple, l'eau & les métaux, dont elle ſuit les replis & les ſinuoſités, ſans affecter de même les autres corps contigus : la matiere électrique ſuit la même marche & étale les mêmes phénomenes dans une foule d'expériences. Par exemple, ſi on électriſe un livre, dont la courbure ait des filets d'or ; on voit le fluide électrique étinceler ſur cette dorure, ſans étinceler de même ſur le reſte de la couverture.

III°. La matiere fulminante fond & quelquefois calcine les métaux : la matiere électrique, dardée ſur de légeres feuilles d'or ou d'argent ou de cuivre, y laiſſe des traces de fuſion & quelquefois de calcination ; ſur-tout quand on anime ſon action ou par la bouteille de Leyde ou par le tableau magique.

IV°. Le tonnerre ou la matiere fulminante laiſſe une odeur ſulfureuſe, capable d'étouffer les êtres vivants, dans les lieux qui en ont été frappés : l'électricité ou la matiere électrique donne une ſemblable odeur dans un appartement où ſes exploſions ſe font avec une force conſidérable. (1087.)

V°. Le coup fulminant du tonnerre donne, ou ôte, ou change le magnétiſme : le coup fulminant de l'électricité opere le même effet. (1083.)

VI°. La matiere fulminante, en faiſant ſon éruption, imprime un grand frémiſſement aux molécules aériennes ; d'où réſulte un éclat ou un bruit épouvantable (753) : la matiere électrique, en jailliſſant du corps électriſé dans un autre corps, imprime également aux molécules aériennes un frémiſſement d'où réſulte un pétillement, un éclat, un bruit plus ou moins fort, plus ou moins ſenſible : ces deux effets ne different que du plus au moins.

VII°. La matiere fulminante, quand elle fait ſon exploſion dans un corps qu'elle a diviſé ou calciné, en darde quelquefois avec violence des éclats ou des parties ſolides, que le préjugé fait deſcendre de la région des nues, & que le vulgaire appelle *carreaux du tonnerre*. De même la matiere électrique, quand elle fait ſon exploſion dans un tas de pouſſiere ou de limaille de fer, s'arme de ces ſubſtances quelle diſſipe avec violence, & qu'elle paroît quelquefois dénaturer, en leur imprimant une couleur & une odeur qu'elles n'avoient point avant d'avoir eſſuyé le coup électrique.

Réſultat & application de cette théorie, ou

1100. COROLLAIRE. L'analogie entre le tonnerre & l'électricité, eſt trop ſenſible & trop marquée, pour nous laiſſer méconnoître l'identité de leur origine & de leur principe. Le plus redoutable des météores ſe montre en grand dans les

les mains de la nature, ce que les phénomenes électriques ſont en petit entre nos mains. Ces merveilles qui nous amuſent autour de nos machines électriques, ne ſont que de petites imitations de ces grands effets par où nous effraie l'électricité céleſte : c'eſt de part & d'autre le même méchaniſme, ſans autre différence que du plus au moins. En un mot, *la matiere fulminante & la matiere électrique ne ſont qu'un même fluide, plus puiſſant dans les mains de la nature, plus foible dans les nôtres :* comme il conſte par les deux aſſertions précédentes, & par les preuves qui les établiſſent. Delà l'origine d'une foule de phénomenes que nous préſente la nature, mais dont l'explication ſe ſentira toujours des ténebres qui voilent en grande partie leur cauſe ou leur principe. Par exemple,

I°. Delà l'origine du *phénomene des globes de feu*, qu'on voit quelquefois ſe former & briller paiſiblement dans une même portion de l'athmoſphere, & quelquefois ſe mouvoir & ſe tranſporter ſubitement d'un lieu en un autre, dans cette même athmoſphere, avec une vîteſſe ſupérieure à celle d'aucun ouragan ; tels que celui dont nous avons été ſpectateurs à Paris l'année derniere 1771, & dont on peut voir le détail hiſtorique dans la gazette de France du 26 juillet de la même année. Qu'une aſſez grande quantité de vapeurs & d'exhalaiſons, réunies en un volume ſenſiblement ſphérique, dans un tems où l'athmoſphere eſt plus ou moins prochainement diſpoſée à enfanter le tonnerre & la foudre, fermentent & s'électriſent dans la haute région de l'air ; en telle ſorte que des aigrettes lumineuſes jailliſſent de toute part du ſein de cet amas

de vapeurs & d'exhalaiſons ainſi fermentées & électriſées: ce ſera un globe de feu plus ou moins grand, plus ou moins éclatant. Si l'athmoſphere eſt paiſible & tranquille, ce globe de feu ſe ſoutiendra dans le lieu de l'athmoſphere où les loix de l'équilibre ont placé les vapeurs & les exhalaiſons qui le forment; & il s'y montrera avec plus ou moins d'éclat, juſqu'à ce que la fermentation ou l'électriſation des ſubſtances qui le forment, ait ceſſé; ou juſqu'à ce que le fluide électrique ſe ſoit inſenſiblement & peu à peu diſſipé: comme il arrive à tous les corps qui ont ſubi une forte électriſation, & qui perdent à la fin leur fluide électrique ſurabondant, quand la cauſe qui les électriſoit, ceſſe d'agir ſur eux. Si quelque vent impétueux déplace & tranſporte la portion de l'athmoſphere, où ſe trouve placé le globe de feu; ce globe pourra ſuivre le mouvement du courant aérien qui l'emporte: c'eſt-à-dire, que ce globe pourra ſe mouvoir avec une vîteſſe qui lui faſſe parcourir au plus dix ou onze toiſes par ſeconde; puiſque les plus violents ouragans qu'on ait jamais obſervés, n'ont pas une vîteſſe plus grande. (841.)

Mais comment & par quel méchaniſme phyſique, ce globe de feu ou cet amas de vapeurs & d'exhalaiſons électriſées & lumineuſes, ſe tranſportera-t-il en trois ou quatre ſecondes de tems, à pluſieurs milliers de toiſes, ſans perdre ſa forme de globe, & dans un tems où l'athmoſphere eſt d'ailleurs paiſible & tranquille en apparence; comme il arriva au *globe de feu de l'année derniere?* Nous n'avons encore vu aucune explication ſatisfaiſante de cette particularité, qui eſt préciſément ce qu'il y a de plus frappant

& de plus remarquable dans ce phénomene : celle que nous allons donner, le ſera-t-elle davantage ? La voici.

Les expériences électriques nous apprennent que, quand on conduit le fluide électrique, du globe électriſant à la barre de fer à électriſer, par le moyen d'une chaîne métallique formée d'anneaux circulaires ; on voit le fluide électrique s'élancer & ſauter rapidement d'un chaînon à l'autre, en pétillant & en étincelant ſans ceſſe dans ce tranſport (1072). Que l'on conçoive dans l'athmoſphere, d'eſpace en eſpace, de grands amas annulaires de vapeurs & d'exhalaiſons, ainſi formés ou par haſard ou par l'action de quelque tourbillon aérien (798) : le globe de feu électrique, par le moyen de ces amas annulaires de vapeurs & d'exhalaiſons, qui feront ici la fonction de *conducteurs*, ſe précipitera de l'un dans l'autre, du premier juſqu'au dernier, avec une immenſe rapidité ; & à cauſe de ſa hauteur & de ſon éclat, il pourra être apperçu & ſuivi dans ſon mouvement, à de très-grandes diſtances ; & être pris par l'ignorance, ou pour une vraie étoile, qui tombe du ciel & qui ſe détruit, ou pour quelque comete ſublunaire qui vient répandre ſes malignes influences ſur la terre. Il n'y a pas plus de difficulté à concevoir le mouvement d'un globe de feu d'un pied ou d'une toiſe de diametre, au travers des amas annulaires de vapeurs & d'exhalaiſons que nous venons de ſuppoſer ; que de concevoir le mouvement d'un petit globe de feu d'une ligne ou d'un quart de ligne de diametre, au travers des anneaux d'une chaîne métallique : puiſqu'il conſte par les découvertes modernes, que les nuages,

visibles ou invisibles, peuvent servir de conducteur au fluide électrique que met en jeu l'électricité naturelle; ainsi qu'une chaîne métallique peut servir de conducteur au fluide électrique mis en jeu par l'électricité artificielle.

Les expériences électriques nous apprennent encore que si un corps électrisé vient à toucher un long ruban, parsemé de petites fleurs en or dans toute sa longueur; on voit de toute part *étinceler* au loin ce ruban: comme si le fluide électrique se portoit en torrents continus d'un feu étincelant d'espace en espace, dans toute la longueur du ruban (1072). Que l'on conçoive donc dans l'athmosphere, une longue suite de couches à peu près sphériques de vapeurs & d'exhalaisons, séparées les unes des autres par de très-petits intervalles; & dont l'une, la premiere du rang, par exemple, vienne à s'électriser naturellement, quelque inconnue que soit la cause & la maniere de cette électrisation! La premiere couche sphérique, ainsi électrisée, vient-elle à s'approcher suffisamment de la seconde? Elle lui darde son *feu électrique*: celle-ci le darde à la troisieme; la troisieme, à la quatrieme; la quatrieme, à la cinquieme; & ainsi de suite: de sorte qu'en un tems très-court, la continuité de volumineuses étincelles électriques, nées du choc des courants électriques que se dardent réciproquement les amas de vapeurs & d'exhalaisons qui perdent & qui acquierent l'électricité, paroîtra comme un globle de feu qui se meut avec un mouvement continu & très-rapide, de la premiere à la derniere couche.

II°. Delà encore, du moins en grande partie, l'origine du *phénomene des larmes bataviques*, ou

des larmes de verre. Ce ſont de petites portions de verre ordinaire, qu'on tire du vaſe où le verre eſt en fuſion, avec l'extrêmité d'un tuyau de fer dont on ſe ſert dans les verreries. On laiſſe tomber quelques gouttes de ce verre, dans ſon état de fuſion & d'incandeſcence, dans un vaſe où il y a de l'eau froide ; & on les y laiſſe refroidir. Là elles prennent une forme aſſez ſemblable à celle d'une larme ; & on les nomme communément larmes bataviques, parce qu'elles ont été primitivement faites en Hollande. Elles ſont compoſées d'un corps aſſez gros & rond, qui ſe termine par un filet ou tuyau hermétiquement fermé. (*fig.* 102.)

On fait avec ces larmes une expérience fort ſinguliere, & dont l'explication reſte encore à donner : c'eſt que, quoique le corps rond ou conique X de cette larme ait aſſez de ſolidité pour réſiſter à quelques petits coups de marteaux ; auſſi-tôt qu'on en caſſe l'extrêmité Z, toute la larme ſe briſe en pieces avec un grand bruit, & quelques morceaux ſont même réduits en pouſſiere. En vain a-t-on recours à l'action de l'air, pour rendre raiſon de ce phénomene. Quand la larme ſe refroidit & devient dure, a-t-on dit, il reſte au centre de cette larme, un peu d'air extrêmement raréfié par la chaleur ; & on voit en effet les bulles de cet air renfermées au-dedans de la larme de verre, avant qu'elle tombe dans l'eau froide : de ſorte que l'intérieur de cette larme, depuis le bout juſqu'au fond, eſt creux & rempli d'un air incomparablement moins denſe que l'air extérieur. Or, ajoute-t-on, quand on vient à rompre le bout très-mince du tuyau qui termine la larme de verre ; on ouvre un

paſſage à l'air extérieur, qui ne trouvant point de réſiſtance dans l'intérieur de la larme de verre, s'y jette avec une violente impétuoſité (713); & par cet effort, la briſe & la met en pouſſiere. Telle eſt la moins mauvaiſe explication qu'on ait encore donnée de ce phénomene; explication du moins inſuffiſante: puiſque les larmes de verre ſe caſſent auſſi à peu près de la même maniere, dans le vuide; où aucun air ne peut s'introduire avec impétuoſité dans la capacité de ces larmes, au moment où l'on en caſſe l'extrêmité dans une machine dont on a pompé l'air. L'action de l'air n'eſt donc ni la ſeule ni la principale cauſe de ce phénomene.

Le phénomene des larmes bataviques a trop d'analogie & de reſſemblance avec la plupart des phénomenes de l'électricité artificielle ou naturelle, pour dériver d'une cauſe différente. C'eſt en petit, le tonnerre qui fait ſon exploſion fulminante au ſein d'un corps fragile, & le met en poudre avec un bruit violent. C'eſt plus en grand, la commotion & le pétillement que produit un globe de verre fortement électriſé; quand ſon fluide, en s'échappant au dehors, eſt heurté par le choc d'un autre fluide qui s'y précipite. Que l'on conçoive donc une quantité conſidérable de matiere électrique ou de matiere fulminante, actuellement électriſée, ou prochainement diſpoſée à l'électricité, renfermée avec ſurabondance & dans la capacité & dans les pores de cette goutte de verre fluide, au moment que cette goute tombe dans l'eau froide. Si le verre en général eſt imperméable à la matiere électrique, comme le prétend Franklin; ou ſi tel verre, ainſi ſubitement refroidi dans l'eau,

acquiert cette imperméabilité, ce qui n'eſt pas abſolument impoſſible; ou ſi la matiere électrique & fulminante, modifiée par les différentes ſubſtances qu'elle peut s'unir & dans le feu & dans l'eau, acquiert une maſſe & une figure qui la mette hors d'état de paſſer à travers les pores du verre où paſſe le fluide électrique ordinaire, ce qui peut encore évidemment avoir lieu; il y aura dans la capacité de cette larme de verre, une ſurabondante quantité de matiere électrique, ou de matiere fulminante, électriſée, ou prochainement diſpoſée à l'électricité, & qui ne pourra point s'échapper au dehors, tant que la larme reſtera entiere & ſans fracture. Mais au moment où l'on caſſera l'extrêmité Z du petit tuyau, ſoit dans le vuide, ſoit hors du vuide; la matiere électrique ou fulminante, auparavant iſolée & ſans action dans la larme de verre, acquerra une libre communication avec le fluide électrique extérieur: elle s'élancera avec violence contre le fluide extrérieur, lequel s'élancera contre elle avec la même violence; & du *choc impétueux de ces fluides*, réſultera une violente impulſion ou une violente réaction, propre à diviſer & à mettre en pouſſiere toutes les parties de la larme de verre; impulſion & réaction aſſez ſemblables à celles qui caractériſent toutes les expériences électriques, & qu'on ne peut faire connoître qu'à ceux qui les ont éprouvées & ſenties.

Les deux explications que nous venons de donner, ſont comme preſque toutes les explications qui ont pour objet l'électricité artificielle ou naturelle, un mêlange de lumiere & de ténebres; de lumiere, en ce qu'elles montrent aſſez ſenſiblement la cauſes des phénomenes à expli-

quer ; de ténebres, en ce qu'elles ne montrent que très-imparfaitement le jeu, l'action, le méchaniſme phyſique de cette cauſe, très-connue dans ſes effets, très-inconnue dans ſa nature.

L'ÉLECTRICITÉ DANS L'AIMANT.

1101. OBSERVATION. L'*aimant* eſt une eſpece de pierre (*), qui a la vertu ſinguliere d'*attirer le fer, & le fer ſeul :* car l'acier qu'elle attire auſſi, n'eſt qu'un fer préparé par le mêlange de quelques matieres étrangeres qu'on y a incorporées, & qui ne détruiſent point ſa nature primitive (575). Toutes les pierres qui ont l'apparence & auxquelles on donne quelquefois le nom de pierres d'aimant, ne ſont pas de vrais aimants : puiſqu'il y en a pluſieurs qui n'ont pas la propriété d'attirer le fer. Pour diſtinguer une pierre d'aimant, de quelques pierres communes qui peuvent lui reſſembler ; il faut la plonger dans de la limaille de fer : ſi elle s'attache & retient cette limaille, c'eſt un vrai aimant. La pierre d'aimant, ainſi que le globe que nous habitons,

(*) REMARQUE. L'aimant a les caracteres diſtinctifs des pierres ; il ſe calcine au feu, & ſe pulvériſe ſous le marteau : il n'a pas ceux des métaux ; il n'eſt ni fuſible, ni malléable. L'aimant doit donc être placé dans la claſſe des pierres ; & non dans celle des métaux, où ont voulu le placer quelques phyſiciens qui ont regardé le fer comme un aimant imparfait, & l'aimant comme un fer mêlé avec des parties terreuſes. Mais que l'on place l'aimant dans la claſſe des pierres ou dans la claſſe des métaux, la cloſe eſt fort indifférente & aux phénomenes qu'il produit & à la cauſe qui donne lieu à ces phénomenes : deux objets auxquels nous allons borner notre attention.

a deux poles, qu'il faut ſavoir trouver & armer, pour en tirer avantage. Pour *trouver ces deux poles*, plongez la pierre d'aimant dans de la limaille de fer ou d'acier : par ſa vertu attractive elle s'attachera cette limaille ; elle en ſortira toute hériſſée ; & dans deux points oppoſés, cette limaille formera autour de la pierre une eſpece de barbe plus denſe & preſque perpendiculaire à la ſurface : ces deux points oppoſés ſont les deux poles de l'aimant. C'eſt principalement dans ces deux poles, que réſide & que ſe déploie la vertu attractive de l'aimant. Pour *armer ces deux poles*, revêtez-les d'une lame de fer terminée par une petite maſſe qui excede de quelques lignes la ſurface inférieure de la pierre à côté de l'un & de l'autre pole. Par ce moyen, tel aimant excellent, qui nu ſoutiendroit à peine un poids d'une livre de fer, en ſoutiendra vingt ou trente étant armé.

Nous avons déja fait connoître ailleurs les *cinq principales propriétés de l'aimant* (592), ſans nous attacher alors à chercher l'origine & la cauſe de ces merveilleux phénomenes. « Avant » que l'on ſût de quelle utilité pouvoit être » l'aimant, dit le célebre abbé Nollet, on le re» gardoit déja comme une merveille qui méri» toit une attention toute particuliere. En effet, » eût-il été poſſible de voir ſans intérêt & ſans » admiration, deux matieres, l'aimant & le fer, » à l'excluſion de toute autre, s'affectionner pour » ainſi dire, au point de ſe chercher, de ſe join» dre, & de s'attacher enſemble avec une force » qui égale quelquefois l'effort d'un poids de » 60 ou de 80 livres. C'eſt une eſpece de pro» dige, non-ſeulement aux yeux du vulgaire

» qui ne ſoupçonne rien au-delà de ce qu'il voit : » mais le phyſicien même qui cherche & qui » croit trouver la cauſe de ce phénomene dans » l'action d'un fluide inviſible qui pouſſe ces deux » corps l'un vers l'autre, eſt toujours fort em- » barraſſé de dire pourquoi dans toute la nature » il n'y a que deux êtres ſoumis à cette impul- » ſion ; & comment avec un contact d'une ſi » petite largeur, la preſſion du fluide prétendu » peut devenir ſi grande. La curioſité ſeule au- » roit fait de cette double queſtion, un ſujet » digne de recherches : l'intérêt s'y eſt joint, » lorſque l'on découvrit la direction de l'aimant, » & que l'on apperçut l'avantage qu'on en pou- » voit tirer pour la navigation principalement. » Quels efforts n'a pas faits depuis l'eſprit humain, » pour augmenter & perfectionner ſes connoiſ- » ſances à cet égard ! Les plus habiles phyſiciens » du ſiecle précédent & de celui-ci, ont preſque » tous donné une partie de leur tems à cette » étude ».

Mais à quoi ont abouti les efforts de l'eſprit humain en ce genre ? A nous apprendre quelques particularités de plus dans les *phénomenes du magnétiſme*, & à nous mettre à portée de deviner en général la *vraie cauſe du magnétiſme*.

I°. Les expériences & les obſervations de ces derniers tems nous ont appris, que les *vieux fers, qui ont été long-tems expoſés aux injures de l'air ſur des édifices élevés, ſont ſouvent aimantés, & quelquefois convertis en véritable aimant.* Cette obſervation, qui parut ſi ſurprenante en 1691, ceſſe de l'être dès que l'on ſait que la matiere du tonnerre & la matiere de l'électricité ſont la même matiere ; & que le magnétiſme n'eſt qu'un

effet de la matiere électrique (1083). On conçoit que ces bâtiments, fort anciens & fort élevés, ont dû être exposés mille & mille fois à des nuages électrisés; & que la matiere électrique de ces nuages, plus puissamment & plus efficacement attirée par le fer que par les pierres & par les autres matériaux (1074), a dû plus d'une fois, en couvant ou en dardant la foudre, se porter en torrent dans ces vieux fers; & y produire une impression propre ou à les aimanter simplement, sans détruire leur nature métallique; ou à les convertir en vraies pierres d'aimant, en décomposant leurs principes & en leur faisant perdre leur nature métallique. Il est même assez vraisemblable que *l'aimant lui-même* dans ses mines, n'est qu'un fer dénaturé par un violent coup de tonnerre, ou par quelque grand écoulement de matiere électrique. Une veine métallique, répandue depuis la surface de la terre jusqu'au sein d'une mine, peut aisément y conduire un grand écoulement de feu céleste ou de matiere fulminante: le coup fulminant de ce déluge de matiere électrique, dénaturera & transformera en aimant la masse de fer qui en sera spécialement affectée. (1091.)

II°. Les expériences & les observations de ces derniers tems nous ont appris encore, que *la plupart des instruments de fer, des outils d'acier, s'aimantent naturellement par le choc ou par le frottement de leurs parties.* Les ciselets, les poinçons, les forets, qu'emploient les ouvriers pour couper & pour percer le fer à froid, enlevent & s'attachent la limaille de fer par leurs pointes & par leurs tranchants. Les pêles & les pincettes, que l'on a coutume de tenir de bout, & de

mettre toujours assez rudement dans cette situation, donnent assez souvent des signes de magnétisme : elles attirent le fer ; elles ont des poles marqués ; & souvent il ne leur faut qu'une nouvelle secousse, par exemple, un coup de marteau, pour changer leur pole nord en pole sud.

III°. Les expériences & les observations de ces dernieres tems nous ont appris aussi, qu'*un aimant naturel ou artificiel enleve une plus grande quantité de fer, lorsque ce fer est posé sur une enclume, que s'il étoit posé sur du bois ou sur de la pierre ;* & si l'enclume qui sert de support, est plus grosse, l'aimant en paroît plus puissant : ce qui paroît indiquer que le tourbillon de matiere magnétique, qui produit l'attraction réciproque entre le fer & l'aimant, devient plus abondant par le voisinage d'une grosse masse de fer.

IV°. Les expériences & les observations de ces derniers tems nous ont encore appris, que *les cendres de plusieurs végétaux, & une foule d'autres substances calcinées, obéissent à la vertu magnétique, ainsi que le fer :* ce qui prouve, comme l'observent MM. Muschembroek, Lémery & Nollet, non que l'aimant attire des substances différentes du fer ; mais simplement que ces cendres & ces substances qui sympatisent avec l'aimant, contiennent quelques portions de fer caché ou développé : soit que ce fer se trouvât en nature dans les substances qui ont été calcinées ou qui ont concouru à la calcination ; soit qu'il n'y fût que dans un état de chaux ou de cendre, que l'action du feu & le mêlange de quelques matieres grasses auront revivifiée & rendue à sa nature métallique. (599.)

V°. Les expériences & les obſervations de ces derniers tems nous ont de même appris, que *la direction & l'inclinaiſon de l'aiguille aimantée* (592) *ſont ſujettes à de très-grandes variations, quand on paſſe d'une contrée en une autre.* Parmi une infinité de preuves que nous pourrions en apporter, nous nous bornerons à une ſeule. M. Bouguer, dans la relation de ſon voyage au Pérou, nous apprend qu'en 1742, à Quito, à dix ou douze minutes de latitude auſtrale, l'aiguille aimantée *s'inclinoit au-deſſous de l'horiſon vers le pole nord*, d'environ 10 degrés; & que cette même aiguille au même endroit, *déclinoit vers le nord-eſt*, d'environ 8 ſecondes & demie, tandis qu'en France elle déclinoit déja vers le nord-oueſt, dans le même tems, d'environ 14 degrés. « Elle étoit à » la Plata de la même quantité, l'année ſuivante » au mois de juillet, dit le même auteur; & quatre » mois après, je la trouvai à Sainte-Marthe, de » 6 degrés 35 minutes, toujours vers le nord-eſt. » Il me falloit l'obſerver en chemin : parce » qu'elle étoit ſujette à diverſes irrégularités. Je » trouvois ſouvent des quartiers de rochers, qui » étoient répandus ſur la ſurface de la terre. Ces » rochers étoient noirs extérieurement : ils pa- » roiſſoient avoir été expoſés à l'action du feu; » & je croirois volontiers qu'ils avoient été lan- » cés par l'exploſion de quelques volcans. Je ne » puis mieux les comparer qu'à des maſſes d'ar- » gile, qui ſe ſeroient fendues & gercées au » ſoleil, & qui ſe ſeroient enſuite converties en » pierres. L'aimant avoit des directions toutes » différentes dans ces endroits : il ſuffiſoit de faire » cinq à ſix pas, pour voir l'aiguille aimantée » changer de direction, quelquefois de 30 degrés ».

VI°. Les expériences & les obſervations de ces derniers tems nous ont appris enfin, que *le fluide électrique, que met en jeu & en action ou l'électricité artificielle ou l'électricité naturelle, eſt la cauſe phyſique du magnétiſme dans le fer aimanté :* puiſque le fluide électrique, qu'anime l'électricité artificielle, donne la vertu magnétique à un fer qui ne l'avoit point (1083); & que le fluide électrique, qu'anime & met en jeu l'électricité naturelle, produit le même effet dans les morceaux de fer qui ont été long-tems expoſés à ſon action ſur des bâtiments fort élevés.

VII°. Mais aucune expérience, aucune obſervation, ancienne ou moderne, ne nous a encore mis à portée de deviner ou de ſoupçonner *quelle eſt la cauſe des phénomenes du magnétiſme dans la pierre d'aimant, ou dans le fer aimanté :* par exemple, pourquoi la pierre d'aimant a deux poles, au lieu de trois ou de quatre; pourquoi l'un de ces poles ſe dirige vers le nord, au lieu de ſe diriger vers le midi; pourquoi l'aimant ou un fer aimanté attire le fer, ſans attirer de même l'or, l'argent, le plomb, le marbre, le bois, les ſubſtances animales & végétales, & ainſi du reſte.

Il eſt plus que vraiſemblable que les phénomenes ou les effets du magnétiſme ſont produits par un *courant de matiere très-ſubtile & très-active*, qui preſſe le fer contre l'aimant & l'aimant contre le fer par une vraie impulſion : ſoit que cette matiere ſoit généralement répandue autour de tous les corps terreſtres; ſoit qu'elle n'exiſte qu'autour de l'aimant & du fer. Mais qu'eſt-ce que cette matiere ? Eſt-ce le fluide électrique ordinaire, c'eſt-à-dire, celui qui pro-

duit les phénomenes de l'électricité artificielle ou naturelle? Non : puiſque ce fluide agit ſur toutes les eſpeces de corps, & indifféremment ſelon toute direction; & que d'ailleurs ſon action ſe manifeſte preſque toujours par des attractions & par des répulſions ſimultanées, qui n'ont qu'une exiſtence momentanée, & qui ne peuvent reſſembler en rien à la cauſe qui donne au fer une tendance permanente vers l'aimant.

Pour rendre raiſon des phénomenes du magnétiſme, ou des effets que produit un aimant naturel ou un fer aimanté; Deſcartes penſa que le globe terreſtre eſt en grand, ce qu'une pierre d'aimant eſt en petit : que ce globe a deux poles magnétiques, différents des deux poles terreſtres, l'un du côté du nord & l'autre du côté du midi; & que d'un pole magnétique à l'autre, circule perſévéramment ſur la ſurface & dans l'intérieur de la terre, un grand torrent de matiere très-rapide & très-active : que le fer & l'aimant étant les ſeuls corps dont les pores ſoient diſpoſés à recevoir intérieurement cette matiere, elle les pénetre & les dirige ſelon ſon courant par-tout où elle les rencontre : que les pores du fer & de l'aimant étant ſuppoſés en lignes circulaires, comme les circonférences qui aboutiroient aux deux poles magnétiques de la terre, & telle qu'eſt la direction du courant qui circule autour de ces poles; le courant rentre dans les pores du fer & de l'aimant après en être ſorti, & forme autour de ces deux corps une athmoſphere tourbillonnante qui a plus ou moins d'étendue & de force, ſelon les diſpoſitions plus ou moins favorables de ces deux corps : que l'or & le marbre, par exemple,

n'ont point autour d'eux d'athmoſphere tourbillonnante propre à s'attirer réciproquement ou parce qu'ils n'ont pas des pores propres à donner paſſage au courant magnétique ; ou parce que ces pores, en donnant paſſage en tout ſens également au courant qui les atteint, ne le ramenent pas ſur lui-même, & ne lui donnent pas une direction propre à le porter du marbre dans l'or & de l'or dans le marbre.

Cette hypotheſe, qui ſe préſente d'abord ſous un jour très-philoſophique, n'eſt au fond qu'une brillante chimere qui s'évanouit devant le flambeau de la réflexion. Car en ſuppoſant la fabuleuſe exiſtence de ce torrent circulant autour de la terre, & telle eſpece quelconque de pores qu'on voudra dans le fer & dans l'aimant ; que réſultera-t-il de cette hypotheſe ? Aucun des phénomenes magnétiques. Bornons-nous à l'examen du ſeul *phénomene de la direction*, qui paroît le mieux quadrer avec l'action du courant imaginé par Deſcartes.

« Qu'arriveroit-il, dit le judicieux abbé » Nollet, ſi je plaçois dans la riviere une » piece de bois arrêtée & ſuſpendue en équili- » bre par le milieu de ſa longueur ? Si cette piece » de bois étoit percée d'un bout à l'autre, & » qu'elle ſe trouvât d'abord alignée ſelon le fil » de l'eau ; je conçois bien qu'elle pourroit gar- » der cette direction, à la faveur du fluide qui » l'enfileroit. Mais ſi je la plaçois en travers du » courant, & que le centre de ſon mouvement » fût à égales diſtances de ſes deux bouts ; je » ne vois pas qu'elle dût changer de poſition ſans » quelque accident : car le courant ne l'enfileroit » plus ; puiſque, par la ſuppoſition, ce tuyau

» feroit

» feroit des angles droits avec le fil de la riviere ».
Il eſt clair que les deux mêmes phénomenes auroient lieu, ſi cette piece de bois avoit intérieurement des canaux ou des ouvertures circulaires, qui partiſſent d'un pole & aboutiſſent à un autre pole pris dans une maſſe plus ou moins grande. Quand la ligne des deux poles ſeroit parallele au courant, l'eau paſſeroit à travers les canaux circulaires de part & d'autre, ſans changer la premiere poſition; & quand la ligne des poles ſeroit perpendiculaire au courant, l'eau agiroit avec une égale force de part & d'autre, & ſon action ſeroit nulle. Il eſt clair encore que la figure quelconque de ces canaux, qu'on pourra ſuppoſer arbitrairement en forme de cylindre, de ſpire, de vis, d'écrou, liſſes & polis dans leur capacité, ou revêtus intérieurement de filaments inclinés & couchés les uns ſur les autres dans le même ſens ou dans un ſens différent, ne change rien à la ſuppoſition préſente, s'ils ſont acceſſibles au courant de l'eau; & que s'ils ſont inacceſſibles à ce courant, le corps qu'ils enfilent en un ſens & ſous une forme quelconque, ſe trouve préciſément dans le cas de la ſuppoſition ſuivante. Ainſi,

« Suppoſons maintenant, continue le même » auteur, que cette piece de bois ne ſoit point » percée; qu'elle ſoit impénétrable à l'eau : il » eſt certain que ſi ſa longueur ſe trouve pa- » rallele à la direction du courant; l'eau qui » coule de toute part le long de ſa ſurface, lui » fera conſtamment garder cette poſition, ou » qu'elle la lui fera prendre même dans tous les » cas; excepté celui où la piece de bois, poſée » en travers de la riviere, recevroit de part &

» d'autre, du centre de ſon mouvement, des im-
» pulſions égales de la part du courant.

» Conſéquemment à ces principes, qui ſont
» inconteſtables, ſi l'aiguille aimantée ſe dirige
» du nord au ſud, parce qu'un torrent de matiere
» l'enfile ſelon cette direction; il ſemble qu'en la
» plaçant de maniere que ſes pointes regardâſſent
» l'eſt & l'oueſt, on devroit la mettre hors
» d'état de s'aligner ſuivant la direction natu-
» relle de la matiere magnétique: comme le
» tuyau qu'on placeroit en travers de la riviere,
» y demeureroit en équilibre, n'étant plus enfilé
» par le courant. Cependant on ſait que cela
» n'arrive jamais: l'aimant ſe dirige conſtamment
» vers le nord & vers le ſud, quelque poſition
» qu'on affecte de lui faire prendre.

» Il ſuit encore de notre comparaiſon, ajoute
» le même auteur, que la matiere qui va d'un
» pole à l'autre de la terre, devroit diriger
» une aiguille de cuivre ou d'argent, de même
» qu'elle dirige celle de fer ou d'acier. Car ſi
» ſon action ſe fait ſentir ſur ce dernier métal,
» parce qu'elle le pénetre facilement, comme on
» le dit; il ſemble qu'elle devroit auſſi mouvoir
» les autres, parce qu'elle ne les pénetre pas de
» même. Eſt-il néceſſaire que le vent pénetre
» dans l'intérieur d'une girouette, pour la faire
» tourner, & la contenir dans la direction qu'elle a?
» Ne ſuffit-il pas qu'il ſe coule le long d'elle de
» part & d'autre? En un mot, ſi la matiere magné-
» tique n'enfile que du fer aimanté; l'aiguille
» de cuivre paroît être dans le cas de notre piece
» de bois qui ne ſeroit point percée, & qui ne
» ſeroit pas moins capable de ſe diriger ſuivant
» le fil de l'eau ».

VIII°. Il réſulte de tout ce que nous venons de dire ici & de tout ce que nous avons dit ailleurs (596) ſur l'aimant, que *la cauſe immédiate des phénomenes du magnétiſme reſte encore à connoître.* Cette cauſe eſt l'impulſion d'une matiere très-ſubtile, qui paſſe & agit librement à travers les corps les plus compactes: mais qu'eſt-ce que cette matiere, & comment agit-elle? Pourquoi a-t-elle priſe ſur le fer, ſans avoir priſe ſur l'or, ſur le cuivre, ſur aucune autre ſubſtance? Pourquoi donne-t-elle au fer aimanté, une direction vers le nord & vers le ſud, plutôt que vers l'orient & vers le couchant? Pourquoi cette direction, au lieu d'être fixe & conſtante du moins dans un même endroit, à Paris, par exemple, varie-t-elle ſenſiblement & aſſez régulierement (592), d'une année à l'autre? Pourquoi ne donne-t-elle pas au fer aimanté, la même direction au Pérou, qu'en Europe? Pourquoi cette direction change-t-elle immenſément dans une même contrée, quand le fer aimanté paſſe d'un lieu en un autre lieu très-peu éloigné? C'eſt ce que l'on ignore encore, & ce que l'on ignorera vraiſemblablement toujours. Tout ce que les plus profonds phyſiciens, les plus clairvoyants naturaliſtes, ont imaginé de ſyſtêmes ſur cet objet depuis deux ſiecles, n'a abouti qu'à faire voir combien impénétrable eſt le voile de la nature en ce genre.

IX. Mais ſi la cauſe immédiate des phénomenes du magnétiſme, nous eſt cachée; les effets de cette cauſe nous ſont aſſez bien connus, pour que l'art puiſſe les convertir en utilité & en amuſement. Par le moyen & ſous la direction d'une aiguille aimantée, ſoutenue en équilibre

ſur un petit pivot convenable, le pilote tient une route certaine au ſein des mers : & quand toutes les lumieres qu'il peut emprunter du ciel ou de la terre, l'abandonnent & lui manquent ; il trouve dans l'inſpection de cette aiguille, une lumiere aſſurée, qui lui apprend comment il doit diriger & conduire ſon vaiſſeau. Par le moyen d'un aimant ou d'un fer aimanté, caché & employé avec adreſſe, un artiſte peut opérer une infinité de phénomenes différents, qui paroîtront tout autant de prodiges à quiconque n'en ſoupçonneroit pas la cauſe. Par exemple, on a vu des horloges de chambre, qui n'avoient point d'autre aiguille pour marquer les heures, qu'une petite mouche d'acier poli & devenu bleu, que rien ne fixoit au cadran. Sur une feuille de laiton fort mince & fort unie, qui faiſoit le fond du cadran, gliſſoit cette mouche mobile, attirée par un aimant qui tournoit derriere, & dont elle n'étoit ſéparée que par la feuille mince de laiton ſur laquelle on la voyoit gliſſer & faire ſa révolution vis-à-vis des heures. On a vu certains petits automates, ſous la forme de ſerein ou de roſſignol, poſés ſur un petit baſſin plein d'eau, tantôt s'approcher & tantôt s'éloigner d'une baguette d'oſier, au bout de laquelle on leur préſentoit de la nourriture ; & donner lieu aux charlatans d'aſſurer, & au peuple de croire que ces automates diſtinguoient la nourriture qui leur étoit convenable. Dans le bec de ces automates étoient cachées des aiguilles aimantées, qui par le moyen d'un très-léger mouvement ſur certains points fixes, pouvoit ouvrir ou fermer le bec de l'automate : dans la baguette d'oſier étoit cachée de même une autre aiguille aiman-

tée : ſuppoſons que dans l'automate, les aiguilles aimantées aient leur pole nord dans la partie antérieure du bec. En préſentant le pole ſud de la baguette, au pole nord de l'automate; on attirera l'automate, dont le bec s'ouvrira & ſemblera appéter la nourriture qu'on lui offre. En préſentant le pole nord de la baguette, au pole nord de l'automate; on repouſſera l'automate, dont le bec ne s'ouvrira plus, parce que les aiguilles cachées dans le bec ne tendent point vers la baguette : l'automate toujours reculant, ſemblera avoir en averſion la nourriture qui lui eſt préſentée. On conçoit par là combien de phénomenes ou de preſtiges on peut opérer par le moyen de l'aimant naturel ou artificiel.

L'ÉLECTRICITÉ DANS LES ÊTRES VIVANTS.

1102. ASSERTION. *Le fluide électrique paroît encore avoir beaucoup d'analogie avec le fluide animal qui occaſionne & nos ſenſations & nos mouvements.*

EXPLICATION. Quel que ſoit le ſiége de l'ame humaine; il eſt très-vraiſemblable qu'elle réſide dans quelque partie principale du cerveau, d'où elle régit & gouverne le corps qu'elle anime : ſoit que ce ſiége de l'ame ſoit le même pour tous les hommes; ſoit qu'il varie dans les différents individus. (*Meth.* 480.)

Quelle que ſoit cette partie du cerveau, où eſt le ſiége & le trône de l'ame; il eſt certain qu'il y a un *moyen de communication* entre notre ame & notre corps : que ce moyen de communication tranſmet en un inſtant à notre ame, les

impreſſions qui affectent notre corps ; & à notre corps, les mouvements que commande notre ame : que ce moyen de communication eſt un fluide d'une ſubtilité & d'une vîteſſe inconcevables, capable de tranſmettre ſon action en un inſtant infiniment court, du cerveau aux extrêmités du corps ; & des extrêmités du corps, au cerveau. (*Méth.* 481.)

Ce moyen de communication entre l'ame & le corps, ce fluide d'une fineſſe & d'une rapidité inconcevables, c'eſt ce qu'on nomme l'*eſprit animal*, dont l'action produit ou occaſionne & nos ſenſations & nos mouvements (*Méth.* 547). Que d'analogie entre cet eſprit ou ce fluide animal, & le fluide électrique ! Bornons-nous à l'indiquer & à la faire entrevoir, plutôt qu'à la ſuivre & à la dévoiler dans toute ſon étendue.

I°. Le fluide électrique ſe porte en torrents infiniment rapides, à travers les ſubſtances les plus compactes & les plus déliées ; & tranſmet ſon action inſtantanée, du point d'où il part, au terme plus ou moins éloigné où il aboutit (1079) : la même choſe arrive au fluide animal, qui élancé en torrents plus ou moins abondants à travers les infiniment petits tuyaux des fibres & des nerfs, porte en un inſtant ſon impreſſion & ſon impulſion, du cerveau aux extrêmités du corps ; & des extrêmités du corps au cerveau. Delà nos diverſes ſenſations ; delà nos divers mouvements, libres ou néceſſaires.

II°. Le fluide électrique, dans les corps électriſés, ſe met en jeu & en action, par le mouvement, par le frottement : le fluide animal ſe met en jeu de même dans le corps humain, par exemple, par le frottement, par le mouvement,

par une certaine fermentation inteſtine des ſubſtances animales & végétales qui y entretiennent la vie ; & quand ce mouvement inteſtin ceſſe avec la vie, l'eſprit animal perd ſon jeu & ſon action dans ce corps humain, lequel ceſſe d'avoir aucun principe interne de mouvement.

III°. Le fluide électrique, entaſſé avec ſurabondance dans les corps électriſés, jaillit quelquefois hors de leur ſein en étincelles ou en éruptions ſpontanées, dont les impulſions ſont plus ou moins violentes (1072, 1093) : le fluide animal ne produit-il pas ſouvent en nous des effets aſſez ſemblables, des mouvements ſubits & involontaires, qui paroiſſent avoir pour cauſe quelque éruption inſolite de ce fluide moteur ?

Ces *foudroyantes apoplexies*, par où le ciel épouvante ſi fréquemment notre ſiecle ſans le rendre plus ſage, ne pourroient-elles pas être le funeſte effet d'une violente éruption de ce fluide engorgé & accumulé dans ſes canaux ; éruption dont la commotion, ſemblable au coup fulminant du tonnerre, détruit quelquefois en un inſtant les organes de la vie ; & quelquefois ſe borne à altérer notablement ces organes, à les rendre inhabiles à recevoir ou à animer le fluide moteur ? Delà ou la mort, ou la paralyſie.

IV°. Le fluide électrique ſe tranſmet d'un corps à l'autre en torrents oppoſés & ſimultanés : le fluide animal ne paroît-il pas auſſi ſe tranſmettre ſouvent d'un corps à l'autre, d'une maniere aſſez ſemblable ? Delà les *maladies contagieuſes*, telles que la peſte, qui ſe communiquent par le contact ou par le voiſinage. Delà peut-être auſſi ces tranſports ou ces *effervescences de*

haine ou d'amour qu'excite quelquefois la préſence de certains objets, & qui n'ont pas lieu de même dans l'éloignement.

V°. En vertu de l'électricité, certains corps s'attirent, certains corps ſe repouſſent : ne pourroit-on pas ſoupçonner que l'action du fluide animal opere dans l'homme quelques effets aſſez ſemblables ; qu'il occaſionne des *antipaties* & des *ſympaties naturelles*, auxquelles ne préſide point la raiſon ? Car s'il y a des averſions & des affections que la raiſon inſpire & avoue ; il y en a auſſi dans leſquelles la raiſon n'entre pour rien ; qu'elle peut approuver ou improuver, dont elle peut permettre ou empêcher les effets, mais dont elle ne peut empêcher l'exiſtence, laquelle paroît être un effet purement méchanique.

RÉSULTAT. N'en doutons point : *le fluide électrique eſt un des agents généraux de la nature.* Il contribue à l'exaltation des vapeurs & des exhalaiſons, à la formation des météores, à la végétation des plantes, à l'action & vraiſemblablement à la réproduction de tous les êtres vivants. Mais en nous montrant par-tout ſon exiſtence, il ſe plaît à nous cacher par-tout ſon ſecret méchaniſme.

III°. *NATURE DU FLUIDE ÉLECTRIQUE.*

1103. ASSERTION I. *Le fluide électrique n'eſt point le fluide aérien.*

DÉMONSTRATION. I°. Il conſte par l'expérience, que les corps s'électriſent très-bien & produiſent tous les phénomenes électriques dans le vuide ; ſous le récipient d'une machine pneumatique,

dont on a pompé l'air, où l'air extérieur ne peut aucunement s'insinuer, & où l'on conduit l'électricité par le moyen d'un cylindre métallique attaché à un conducteur électrisé. Donc le fluide électrique, qui jaillit en aigrettes lumineuses, qui produit des attractions, des répulsions, des commotions, des pétillements dans le vuide, est toute autre chose que l'air. D'ailleurs l'air est incapable de devenir lumineux, de s'enflammer, de brûler, comme fait le fluide électrique.

II°. Il conste par l'expérience, que l'action de l'air est successive; que ses commotions ne se font sentir qu'au bout de plus de 23 secondes de tems, à une distance de 4000 toises (760); & que la force de ces commotions décroît, comme le quarré de la distance ou de l'éloignement augmente (762). Donc le fluide électrique, dont l'action paroît instantanée & nullement affoiblie aux bouts de deux fils de fer de quatre mille toises de longueur (1079), n'a rien de commun avec le fluide aérien. C. Q. F. D.

1104. ASSERTION II. *Le fluide électrique paroît n'être autre chose pour le fond, que le feu, pur ou combiné.*

EXPLICATION. I°. Un fluide qui brille & éclaire, comme la lumiere; un fluide dont l'action se transmet en un instant à de très-grandes distances, comme l'action de la lumiere; un fluide auquel l'impulsion & le frottement donnent toutes les propriétés de la lumiere, seroit-il autre chose pour le fond, que la lumiere elle-même, laquelle ne paroît point être un fluide distingué du feu élémentaire? (1051.)

II°. Un fluide qui, comme le feu élémentaire, ſe trouve toujours répandu dans tous les corps de notre globe; un fluide qui, comme ce même feu élémentaire, ſe communique d'un corps a l'autre, s'accumule avec ſurabondance dans ceux qui ne lui donnent pas la liberté d'en ſortir, met en jeu & en action leurs parties inflammables, s'échappe de leur ſein ou en torrents continus ou avec une ſubite & violente exploſion, s'armant de parties étrangeres qui augmentent ſa maſſe & ſon action; un tel fluide auroit-il donc tant d'analogie avec le feu, ſans avoir la même nature & les mêmes principes?

III°. Le fluide électrique paroît donc participer & de la nature du feu élémentaire, & de la nature du phlogiſtique, & de la nature des ſubſtances volatiles qu'il emporte avec lui en s'échappant du ſein des corps. Comme *feu élémentaire*, il brille, il éclaire, il brûle; quand il eſt excité & mis en jeu ou par le frottement, ou par le choc, ou par quelqu'autre cauſe qui le faſſe jaillir en torrents. Comme *phlogiſtique*, il s'enflamme, il éclate, il pétille, il a des odeurs, il donne des couleurs & de nouvelles propriétés aux corps qu'il affecte. Comme *mêlé à différentes ſubſtances volatiles & hétérogenes* qu'il entraîne, il ſe montre avec différentes nuances, relatives à la diverſité des corps d'où il émane.

C'eſt par là ſans doute, que le fluide électrique qui émane du ſein des ſubſtances vitrifiées paroît différer notablement du fluide électrique qui jaillit du ſein des ſubſtances réſineuſes; ſans que le fond primitif de ce fluide, ait en lui-même une différente nature. C'eſt par là auſſi que le fluide animal peut avoir des différences notables

dans les êtres vivants : le feu élémentaire qui en forme le fond & la baſe, entraîne dans les différentes eſpeces & dans les différents individus, des ſubſtances hétérogenes plus ou moins volatiles, plus ou moins abondantes, plus ou moins différentes, qui lui donnent ou lui laiſſent plus ou moins de liberté & d'action.

IV°. Quoique la lumiere, le feu élémentaire, & le fluide électrique, ne ſoient pour le fond qu'une ſeule & même ſubſtance ; cependant, comme cette cauſe unique eſt ſuſceptible de différentes modifications & de différentes combinaiſons, on conçoit qu'elle peut mettre de grandes différences dans ſes effets ; différences dont il ſera toujours difficile à la phyſique la plus attentive & la plus clairvoyante, de rendre raiſon. L'expérience & la raiſon nous fourniſſent aſſez de lumieres pour nous faire connoître l'identité de ce triple principe ; & trop peu pour nous dévoiler toutes les dépendances de ſa nature & de ſon action.

Objections a réfuter.

1105. Objection I. Le verre tranſmet facilement le fluide lumineux, & ne tranſmet point de même le fluide électrique : donc le fluide lumineux & le fluide électrique ſont deux fluides totalement différents. Combien d'autres raiſons & d'autres expériences ne pourroit-on pas apporter, pour établir la même diverſité de nature entre le fluide lumineux & le fluide électrique !

Réponse. M. Franklin prétend que le verre eſt imperméable au fluide électrique ; en telle

ſorte que ce fluide ne puiſſe paſſer d'une ſurface à l'autre par la route la plus courte, mais ſimplement en coulant parallélement le long de la ſurface extérieure, par exemple, vers la ſurface intérieure; & réciproquement, en coulant le long de la ſurface intérieure vers la ſurface & ſur la ſurface extérieure. M. Nollet ſoutient que cette imperméabilité du verre relativement au fluide électrique, eſt une ſuppoſition contraire à l'expérience & à la raiſon; & les preuves qu'il en donne, & qu'il ſeroit inutile de rapporter ici en détail, nous paroiſſent déciſives & convaincantes. Mais il réſulte toujours des expériences qu'on cite pour & contre, que le verre qui tranſmet très-facilement le fluide lumineux, ne tranſmet que très-difficilement le fluide électrique, lequel paſſe avec bien plus d'aiſance à travers les ſubſtances animales & métalliques, qu'à travers les ſubſtances vitrifiées. Ainſi, dans l'une & dans l'autre hypotheſe, l'objection reſte dans toute ſa force; & ſemble établir une diverſité de nature entre le fluide lumineux & le fluide électrique.

I°. Pour préparer d'un ſeul coup une réponſe générale à toutes les difficultés qu'on peut faire naître à l'infini en ce genre, il ſuffira d'obſerver que la diverſité des *modifications* & des *combinaiſons* ſemble ſouvent donner à une même matiere, à un même principe, une multiplicité de natures différentes. Par exemple, le même fluide, différemment modifié ou différemment combiné, n'eſt-il pas à la fois air, vent, ſon, principe des corps, ſans ceſſer d'être une même ſubſtance, un même principe? Pourquoi le fluide lumineux, différemment modifié ou combiné, ne

pourroit-il pas être à la fois lumiere, feu élémentaire, phlogiſtique, matiere électrique ?

II°. Quoique la lumiere, le feu élémentaire, & le fluide électrique, paroiſſent être un ſeul & même principe pour le fond ; il eſt certain que ce principe unique a beſoin de ſe modifier différemment pour briller, pour brûler, pour électriſer. La modification qui le rend propre à briller, ne ſuffit pas toujours pour le rendre propre à brûler : la modification qui lui donne la propriété d'éclairer ou d'enflammer, n'eſt pas toujours la modification qui le rend électrique ; & réciproquement.

III°. Ce même principe, ce principe unique, livré à la ſeule modification qui le rend lumineux, & qui paroît être un mouvement en ligne droite, enfile en liberté les pores alignés du verre : livré à la modification qui le rend électrique (ſuppoſons que ce ſoit un mouvement tourbillonnant) au lieu d'enfiler les pores alignés du verre, il reviendra ſur lui-même, après avoir pénétré la premiere couche du verre ; & tourbillonnera du moins en grande partie, ſur la ſurface, entrant dans le verre par l'embouchure d'un pore, & ſortant à l'inſtant du ſein du même verre par l'embouchure d'un autre pore. On conçoit qu'un ſeul & même fluide, livré à cette double eſpece de modification, paſſera librement à travers le verre dans le premier cas, & difficilement dans le ſecond cas : donc l'objection que nous avons à réſoudre, ne démontre pas une duplicité de principe dans la matiere qui donne la lumiere, & dans la matiere qui donne l'électricité ; puiſqu'elle peut ne prouver & n'établir qu'une duplicité de modification dans la même ſubſtance ou dans le même principe,

quoique nous ne connoiſſions pas la nature de cette double modification.

IV°. Comme la lumiere ou le feu élémentaire, en ſe combinant avec différentes ſubſtances, devient phlogiſtique (1053); le même principe, c'eſt-à-dire, la lumiere ou le feu élémentaire, en ſe combinant d'une autre maniere avec certaines autres ſubſtances, ne pourroit-il pas devenir matiere electrique? Dans cette ſuppoſition, qui ne préſente rien que de très-poſſible & de très-vraiſemblable, la même matiere ſeroit *lumiere* ou *feu élémentaire*, quand elle eſt en mouvement, pure & ſans mêlange; *phlogiſtique*, quand elle eſt combinée avec certaines autres ſubſtances qui captivent ſa mobilité naturelle; *fluide électrique*, quand elle ſeroit combinée avec d'autres ſubſtances propres à ſe diſſiper en cauſant des attractions & des répulſions. Par ce moyen, la même eſpece de ſubſtance, le même fluide, à raiſon de la *diverſité de ſes états*, tantôt pur, tantôt combiné d'une maniere ou d'une autre, préſenteroit des phénomenes qui ſembleroient d'abord inconciliables, & qui paroîtroient ſuppoſer ou annoncer différentes cauſes, quoique leur cauſe commune ne fût dans le fond qu'un même fluide différemment modifié ou différemment combiné. Donc, quoique nous ne puiſſions pas rendre une raiſon bien préciſe & bien lumineuſe des différences que nous obſervons entre le fluide igné & le fluide électrique, ces différences n'entraînent pas néceſſairement une multiplicité de principes; puiſqu'elles peuvent n'avoir pour cauſe, qu'une multiplicité de combinaiſons & de modifications dans le même principe.

Cette multiplicité de combinaiſons & de modifications, dont eſt évidemment ſuſceptible un ſeul & même fluide, conſidéré tantôt comme lumiere, tantôt comme feu élémentaire, tantôt comme phlogiſtique, tantôt comme matiere électrique, ſuffira pour prévenir ou pour réſoudre toutes les chicanes par où l'on voudroit prouver que les phénomenes de la lumiere, les phénomenes du feu, & les phénomenes de l'électricité, ont pour cauſe trois eſpeces différentes de fluides.

1106. OBJECTION II. Il y a plus de fluide igné ſur la terre, en été qu'en hiver; & cependant l'électricité ſe déploie avec bien plus d'énergie en hiver dans un tems ſec & froid, qu'en été dans un tems chaud : donc l'électricité n'a point pour cauſe le fluide igné ; puiſqu'un effet eſt toujours proportionnel à ſa cauſe (311) : donc le fluide électrique, & le fluide igné ou lumineux, ſont deux fluides différents.

RÉPONSE. L'électricité eſt l'effet d'une cauſe méchanique, d'une matiere en mouvement ; effet qui eſt toujours le produit d'une maſſe par une vîteſſe. Mais un moins de maſſe ne peut-il pas aiſément être compenſé avec avantage, par un plus de vîteſſe ? Donc, quoiqu'il y ait plus de fluide électrique dans les corps en été qu'en hiver, il ne s'enſuit pas que l'action de ce fluide doive être toujours proportionnelle à ſa quantité.

I°. En hiver, dans un tems ſec & froid, les pores du corps électrique, du verre, par exemple, ſont moins ouverts : ils donnent donc une moins facile iſſue au fluide électrique contenu dans ſon ſein ; lequel fluide ſe trouvant plus long-tems expoſé à l'action de la cauſe qui le met

en jeu, s'échappe à la fin, armé de toute la force dont il eſt ſuſceptible. En été, au contraire, les pores étant plus ouverts, le fluide électrique cede aux premieres impulſions qui le preſſent, & s'échappe avant d'avoir eu le tems de multiplier ſes forces, & d'accumuler, pour ainſi dire, ſon action.

II°. Dans un tems humide, l'électricité a peu de force : parce que l'électricité, qui doit toujours naître primitivement d'un corps électrique en mouvement, trouve alors un obſtacle à ſon développement, dans l'humidité que contracte inévitablement le corps électrique & électriſant; l'eau, qui eſt très-propre à s'électriſer par communication, ne s'électriſant point par frottement.

III°. Selon l'idée que nous avons donnée du *fluide électrique*, ce fluide n'eſt ni ſimplement le fluide lumineux, ni ſimplement le fluide igné, purs & ſans mêlange; mais une combinaiſon du fluide lumineux ou du fluide igné, avec les ſubſtances les plus volatiles & les plus inflammables des corps terreſtres. Quand on électriſe un corps par voie de frottement, on dégage & on met en jeu le fluide igné, logé & interpoſé dans les pores du corps électrique & du corps non électrique, qui eſſuient le frottement réciproque; on dégage & on met en jeu les ſubſtances les plus volatiles & les plus inflammables, qui entrent dans la compoſition de ces mêmes corps; on donne lieu à de nouvelles combinaiſons entre le fluide igné & les différents fluides que dégage & met en jeu le frottement : delà un nouveau fluide en action, lequel s'entaſſe & s'accumule avec ſurabondance dans l'intérieur & dans la ſurface du corps électriſé, autour duquel il forme

une

une eſpece d'*athmoſphere accidentelle* & paſſagere, qui s'étend plus ou moins loin, ſelon la nature & la diſpoſition du corps qui en eſt comme la baſe & le principe. Quand on électriſe un corps par voie de communication; le fluide électrique, déja mis en jeu & en action dans le corps électriſé, ſe porte en torrents, & s'accumule avec ſurabondance dans le corps qui le reçoit; y dégage, y met en mouvement & le fluide igné & les parties volatiles & inflammables *qu'il y rencontre* : delà, dans le corps électriſé par communication, une électricité plus active & plus énergique, que dans le corps électriſé par frottement.

IV°. Il eſt certain que l'électricité a lieu dans l'athmoſphere terreſtre, où elle opere les grands phénomenes du tonnerre & de toutes ſes dépendances (1098). Mais comment & par quel méchaniſme phyſique s'électriſe ainſi l'athmoſphere ou une portion de l'athmoſphere? M. Nollet n'exige, pour que deux nuées ou deux portions d'une même nuée s'électriſent, que le frottement de l'une contre l'autre; & cette idée n'a évidemment rien d'oppoſé aux lumieres que nous donne l'expérience & la raiſon ſur l'origine & ſur la nature des phénomenes électriques. L'air eſt un *corps électrique* : puiſque l'air, ainſi que le verre, la cire d'Eſpagne, la réſine, ne s'électriſe pas par communication. Les vapeurs & les exhalaiſons ſont des *corps non électriques* : puiſque les vapeurs ne ſont qu'une eau atténuée, ſubſtance qui s'électriſe très-bien par communication; & que les exhalaiſons ne ſont également, du moins pour la plupart, que des portions atténuées de ſubſtances très-électriſables par communication. Ainſi, puiſque du frottement entre

un corps électrique, tel qu'un globe de verre, & un corps non électrique, tel que la main d'un homme, nous voyons naître dans ce globe une électricité plus ou moins grande; pourquoi ne pourrions-nous pas ſuppoſer, avec toute la vraiſemblance poſſible, que du frottemement entre un corps électrique, tel que l'air, & des corps non électriques, tels que les vapeurs & les exhalaiſons, naiſſe l'électricité que nous voyons briller, éclater, & fulminer dans une nuée, qui n'eſt autre choſe qu'un immenſe volume d'air, de vapeurs, & d'exhalaiſons?

L'électricité céleſte ſe déploie plus fréquemment & plus énergiquement en été qu'en hiver: parce que le fluide igné, qui eſt toujours la baſe fondamentale & le principe dominant du *fluide électrique*, eſt plus abondant & plus actif ſur la ſurface & dans l'athmoſphere de la terre, en été qu'en hiver; & que dans cette premiere ſaiſon, il s'exhale du ſein de la terre & du ſein des différents corps qui végetent ſur ſa ſurface, une plus abondante quantité de ſubſtances volatiles & inflammables, propres à ſe combiner avec le fluide igné & à devenir fluide électrique au ſein des nuées.

RÉSULTAT GÉNÉRAL, OU

1107. CONCLUSION. Il eſt plus facile de multiplier les volumes, que d'étendre les connoiſſances, ſur l'électricité. En rapportant un plus grand nombre d'expériences, en nous appeſantiſſant ſur l'explication d'une foule de faits minutieux, en nous attachant à répondre en détail à une longue ſuite de difficultés qu'on peut faire

naître contre l'opinion que nous adoptons ; nous n'aurions à la fin, ni écarté plus de nuages, ni donné plus de lumiere. Un ſujet qui n'eſt ſuſceptible que de conjectures & de probabilités, tel que la nature du fluide qui produit les phénomenes électriques, peut fournir matiere à d'interminables diſputes, dont la conviction, fruit de l'évidence ou de la certitude, ne ſera jamais le terme. *La diſpute pourroit être encore fort longue*, a dit un ſage : *donc il faut qu'elle finiſſe.*

Un fluide infiniment ſubtil nous éclaire : c'eſt la *matiere lumineuſe*, objet des deux premieres ſections de ce ſixieme traité. Un fluide infiniment ſubtil nous échauffe : c'eſt la *matiere ignée*, objet de la troiſieme ſection du même traité. Un fluide infiniment ſubtil agite & électriſe quelquefois & peut-être toujours plus ou moins la nature : c'eſt la *matiere électrique*, objet de la derniere ſection de ce même traité. Ces trois fluides paroiſſent n'être au fond qu'*un même fluide*, auquel une diverſité de modifications & de combinaiſons donne des propriétés différentes : tel eſt le réſultat des deux dernieres ſections. Ainſi, en roulant ſans ceſſe ſur ſon centre & ſur ſon axe, & en fermentant intérieurement dans toute ſa ſubſtance ſolide ou fluide, un globe immenſément grand & immenſément électriſé, le *Soleil*, darde conſtamment & perſévéramment de ſon ſein & du centre ſenſible du monde planétaire, d'immenſes torrents d'une matiere infiniment ſubtile & infiniment rapide, qui éclaire, échauffe, & électriſe à la fois la nature. Mais après avoir obſervé que le grand flambeau de notre monde planétaire eſt la ſource primitive & indéfectible de la lumiere, du feu élémentaire, du fluide

électrique ; n'oublions point qu'ici commence & finit toute la *théorie des influences ſolaires* ; & que tout ce que nous pourrions ajouter à cette théorie, ſeroit pur ſyſtême, rêve creux, dont notre ſiecle eſt infiniment dégoûté, & avec raiſon, comme nous l'avons obſervé dans la préface de cet ouvrage, page XIV. L'irradiation permanente du ſoleil éclaire, échauffe, électriſe la terre & les autres planetes : voilà ſon action réelle, ſa vraie influence. Mais cette même irradiation permanente ne produit point la peſanteur des corps, le mouvement curviligne des planetes & des cometes, le flux & le reflux de la mer, & mille autres phénomenes, avec leſquels elle n'a rien & ne peut rien avoir de commun.

En vain, pour généraliſer le *ſyſtême des influences ſolaires*, feroit-on revivre tous les vieux ſyſtêmes tombés en diſcrédit ; tels que la fable d'un feu central (501), renouvellée ſous le nom de ſphere ignée fondamentale ; tels que le plein de Deſcartes, entrelardé arbitrairement d'une quantité indéterminée de petits vuides (1399) ; tels que la radiation de Leibnitz (1338), préſentée ſous un jour moins philoſophique : en vain ajouteroit-on à tout cela la chimere d'un balancement ſolaire, ſans cauſe & ſans filiation ; la chimere d'une infinité d'athmoſpheres, perſévéramment répandues autour des corps, immiſcibles entre elles & immiſcibles avec l'athmoſphere terreſtre ; la chimere d'un fluide univerſel, diſtingué du feu & de tous les fluides antérieurement connus ; & ainſi du reſte. De toute cette diſcordante complication de principes, ne réſultera jamais le mouvement cur-

viligne des planetes, l'ordre de la nature, l'étendue, la ſolidité, la peſanteur, l'élaſticité des corps : & ſi, dans un tel ſyſtême, l'on explique tout, comme l'on s'en flatte ; nous oſons prévenir & aſſurer le public, que les différentes explications qu'on donnera, ſeront toutes à peu près auſſi ſolides & auſſi ſatisfaiſantes, que celle que donne Sganarelle ou le Médecin malgré lui dans Moliere, quand après un déluge de mots comiquement ſcientifiques, qui ne ſignifient rien, mais qui en impoſent à l'ignorance, il conclud gravement : *& voilà juſtement pourquoi votre fille eſt muette.*

Au ſpectacle du globe terreſtre & de toutes ſes dépendances, nous allons faire ſuccéder le ſpectacle plus ſublime & non moins intéreſſant, de ces globes immenſes qui roulent ou paroiſſent rouler ſur nos têtes, & avec leſquels le fluide lumineux, dont nous venons de donner la théorie, nous met en communication.

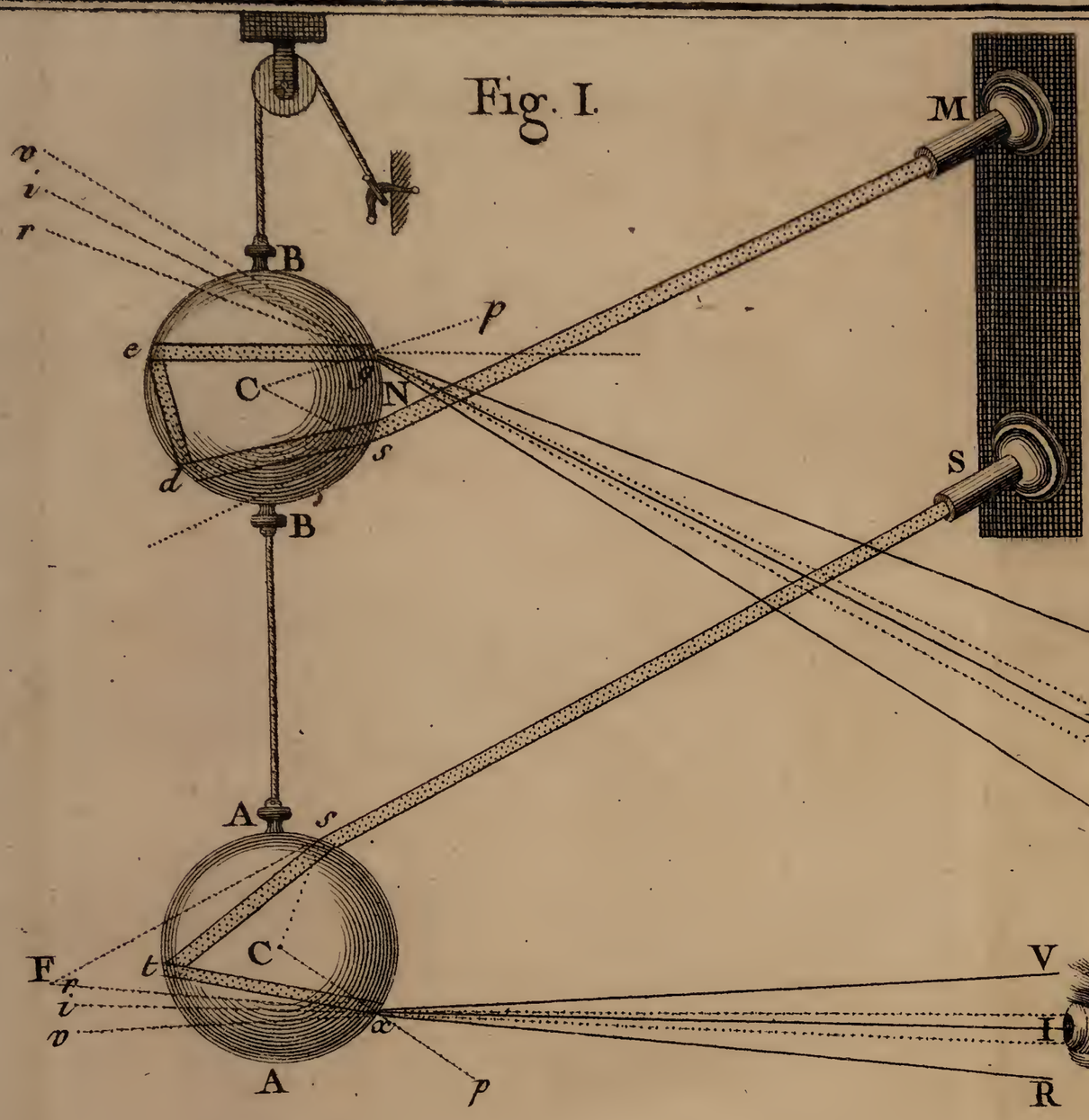
FIN DU TROISIEME VOLUME.

FAUTES A CORRIGER.

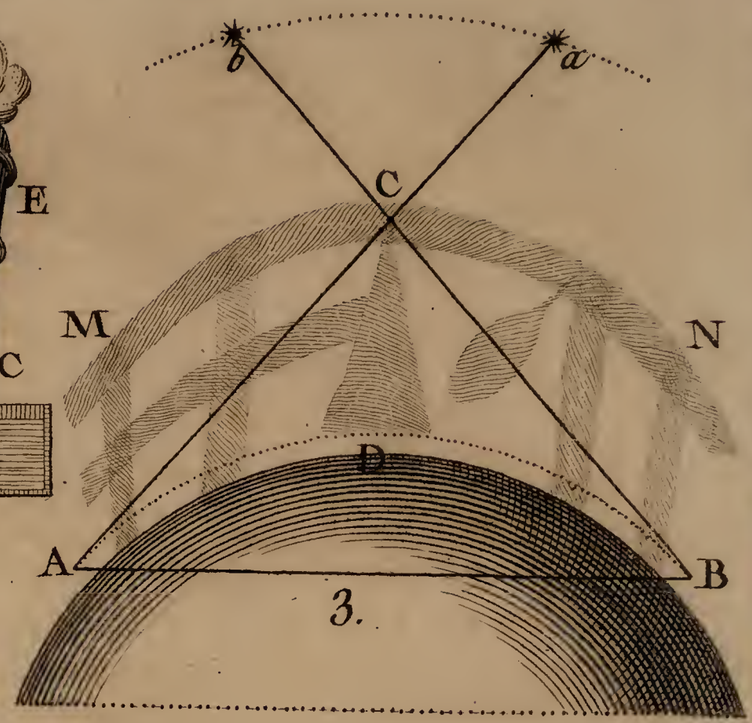
Pages	Lignes	*Fautes.*	*Liſez*
62	31	l'angle A C D au deſſus	l'angle C A D au deſſus
92	10	ſur les places voiſines,	ſur les plages voiſines,
103	6	4,845,227 fois plus	1,422,917 fois plus
210	1	la courbe S N O D	la courbe S N O M
241	30	perpendiculaire l'horiſon ;	perpendiculaire à l'horiſon ;
243	1	parcouru l'arc *s t u*	parcouru l'arc *s t x*
294	27	(917), plus près de l'œil :	(917) : plus près de l'œil ;
298	22	rayon émergent *x r s.*	rayon émergent *x r* S.
300	17	laquelle eſt la ligne *o p*,	laquelle eſt la ligne *o* P,
	26	la perpendiculaire *r p*,	la perpendiculaire *r* P,
304	32	ſe réuniront en point *u*,	ſe réuniront en un point *v*,
327	16	ont la pointe eſt	dont la pointe eſt
344	10	de grandeurs & de	de grandeur & de
346	1	convergents R M & S M	convergents R M & S N
353	12	produit par les rayons	produit par les rayons
395	31	*ne ſe propa qu'en*	*ne ſe propage qu'en*
443	35	ſoutient bouteille	ſoutient la bouteille
488	31	la cloſe eſt	la choſe eſt
496	2	s'attirer réciproquement	s'attirer réciproquement;
500	33	pouvoit ouvrir ou	pouvoient ouvrir ou

Page 20. La petite obſervation qu'on fait ſur le givre, au commencement de la vingtieme page de ce volume, ſera plus exacte, plus ſûre, plus déciſive, en cette maniere. A un même bois de fenêtre, maſtiquez deux carreaux de vitre, l'un en dehors & l'autre en dedans. Le givre ſera ordinairement en ramifications ſur la vitre intérieure, & ſur la ſurface de cette vitre qui regarde l'intérieur de la chambre, & jamais ſur la ſurface oppoſée. S'il arrive quelquefois que le froid intérieur, propre à congeler l'eau, ſoit plus grand que le froid extérieur; le givre pourra être ſur la vitre extérieure, ſur la ſurface de cette vitre qui eſt placée en dehors, & jamais ſur la ſurface oppoſée.

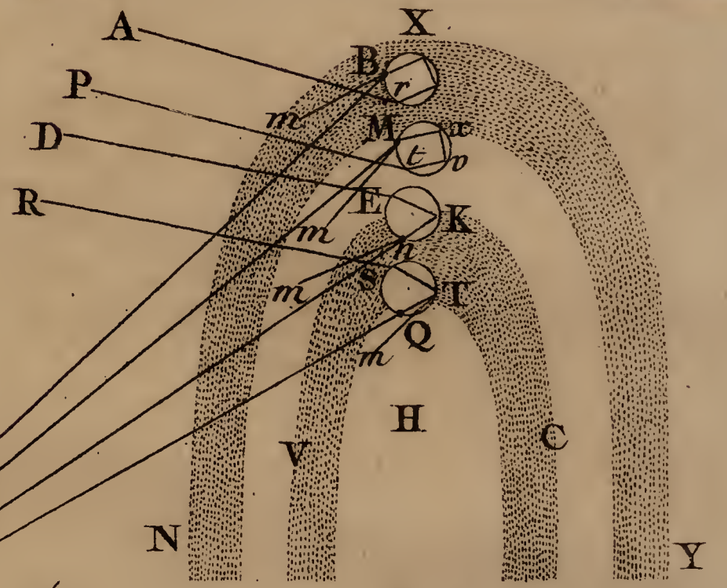
Fig. I.



2.

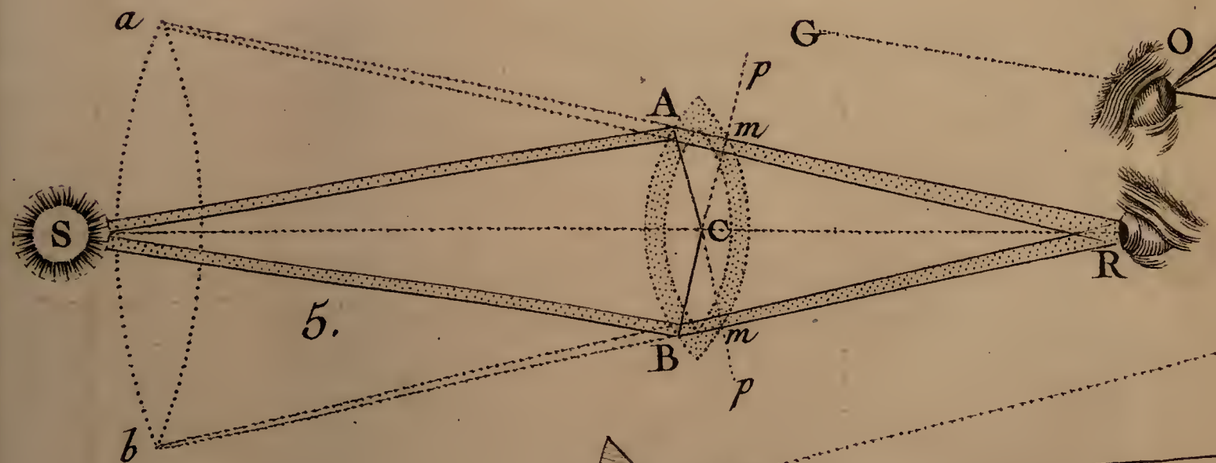


3.

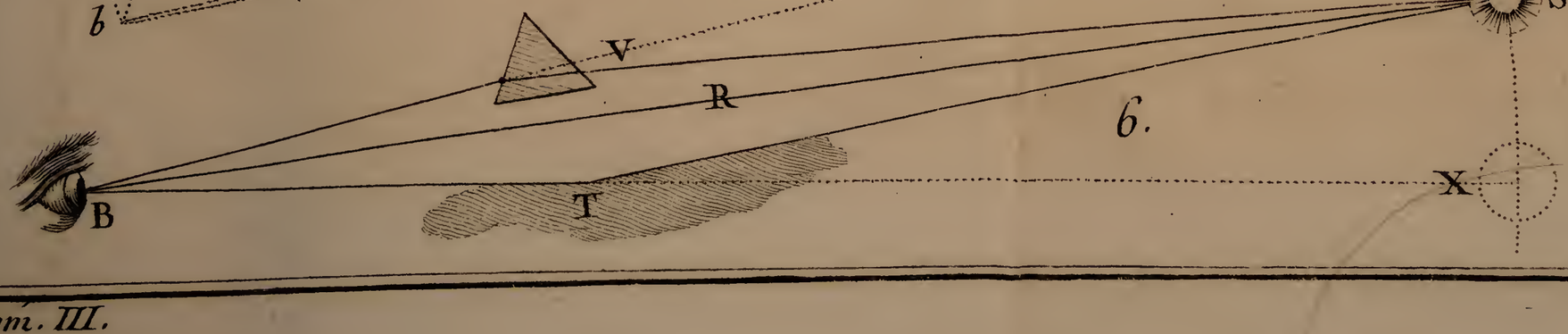


4.

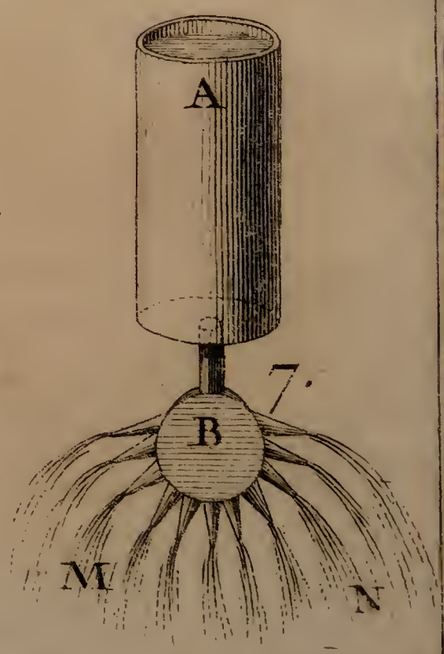
R
I
V



5.



6.



7.

de la Gardette Sculp.

8

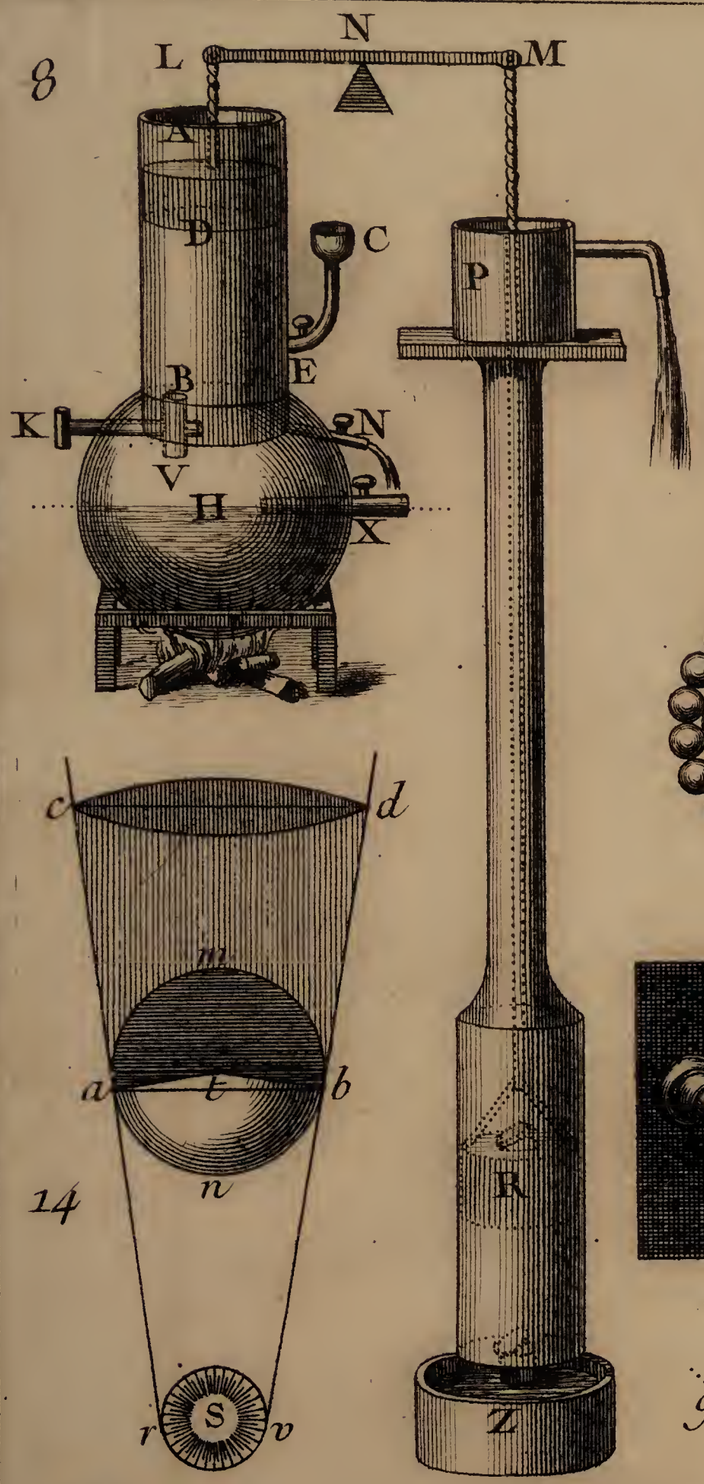
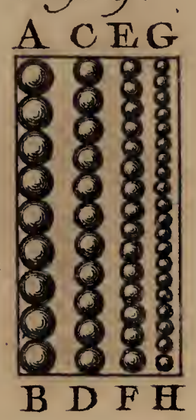
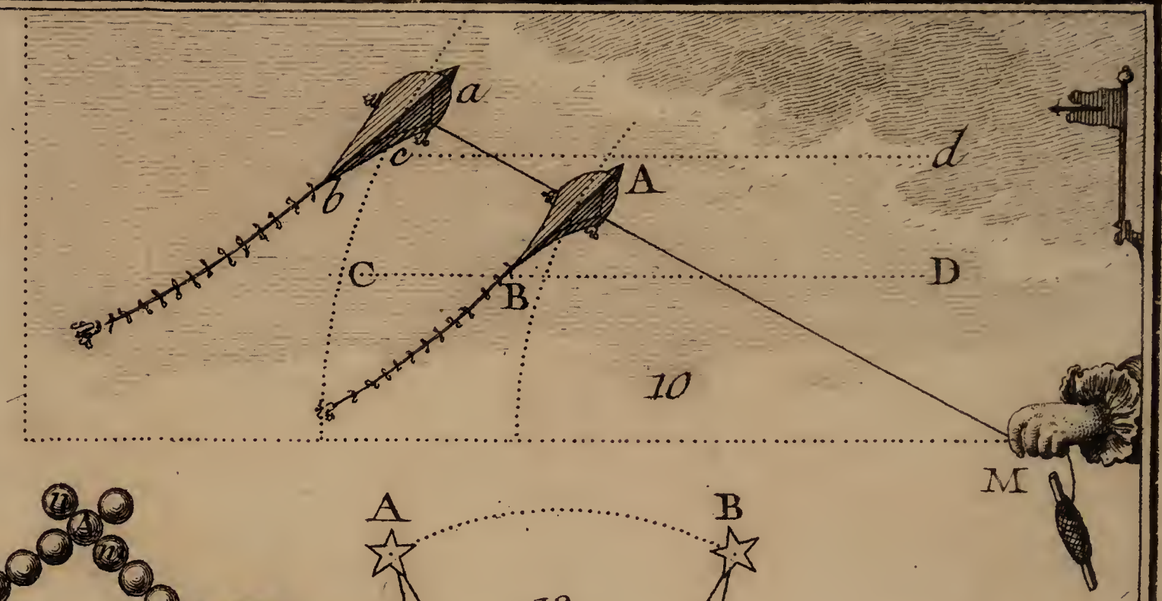
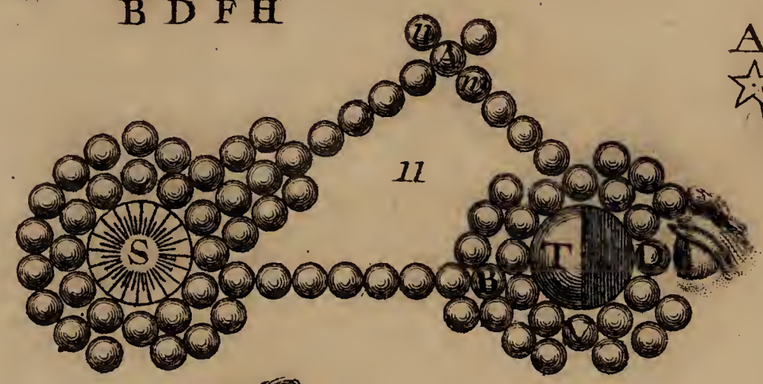

N
L
M
A
D
C
P
B
E
K
N
V
H
X

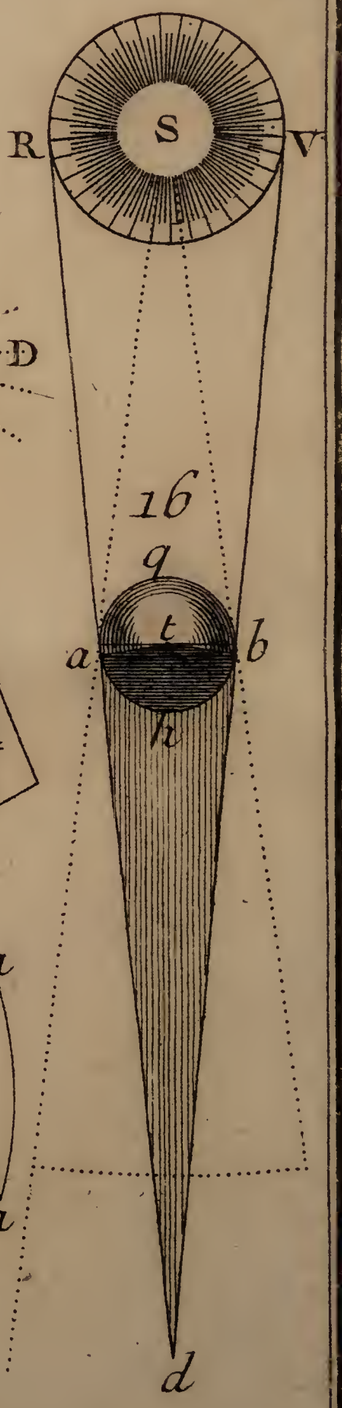
Fig. 9.


A C E G
B D F H


a
c
d
b
A
C
D
B
10
M

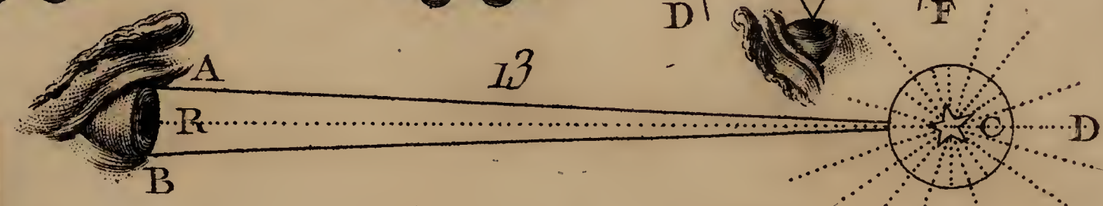

11
S
T
D
B

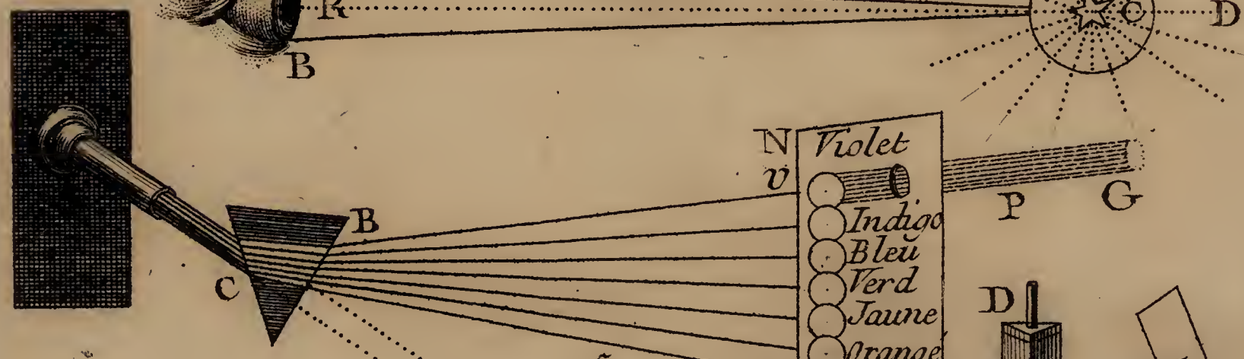
A
B
12
a
b
C
D
F

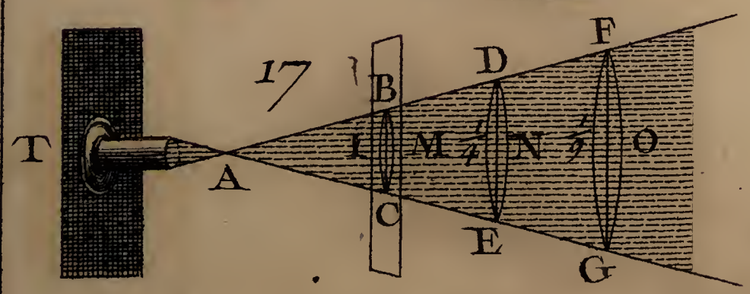

R
S
V
16
q
a
t
b
h
d

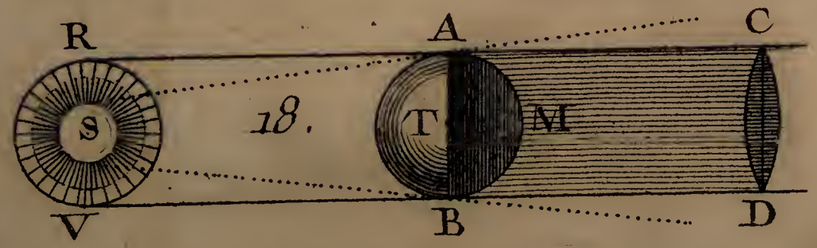
c
d
m
a
t
b
n
14
r
S
v

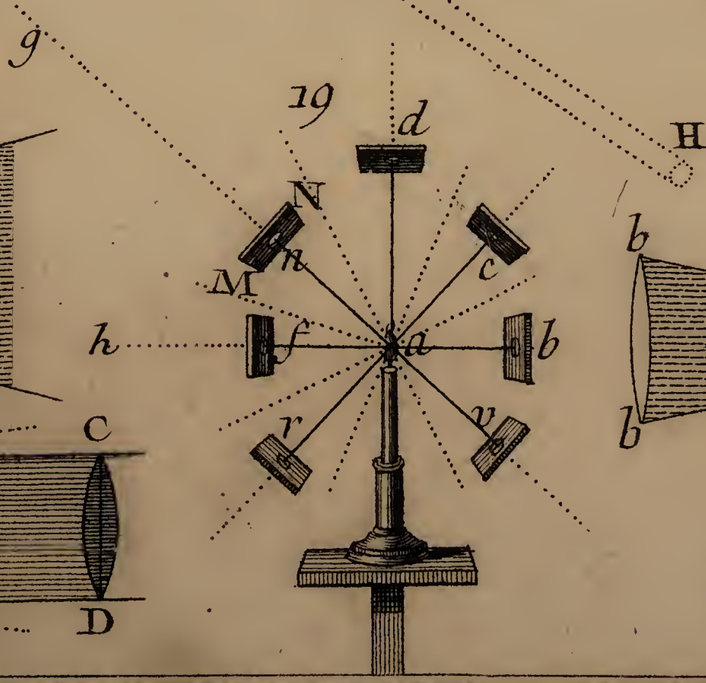
P
R
Z


13
A
R
B
C
D


B
c
15
N
v
Violet
Indigo
Bleu
Verd
Jaune
Orange
r
Rouge
M
P
G
D
E
F


17
T
A
B
C
D
E
F
G
I
M
N
O


R
S
V
18.
A
T
M
C
B
D


g
19
d
H
N
M
n
c
h
f
a
b
r
v

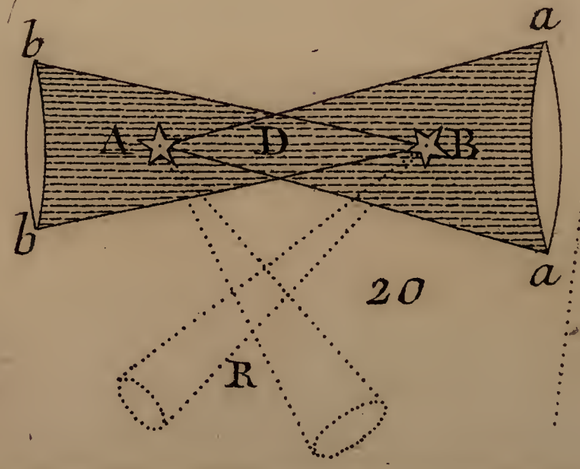
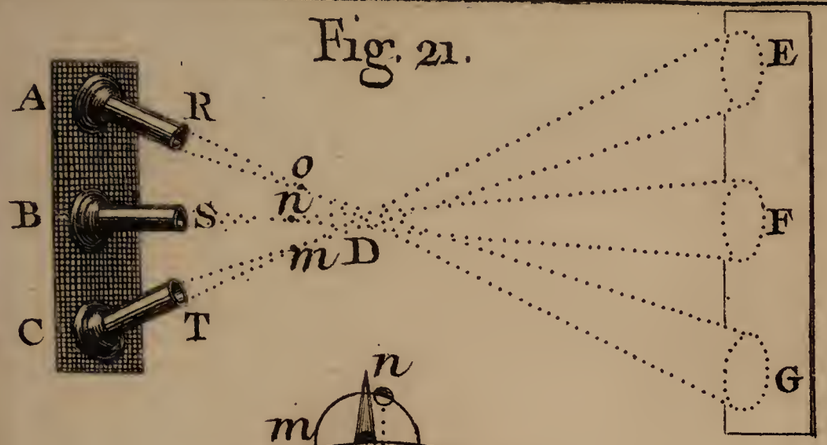
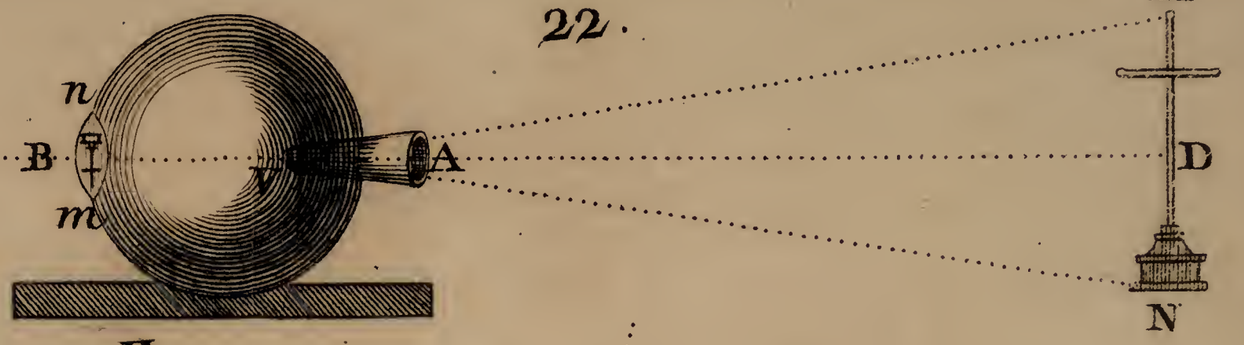
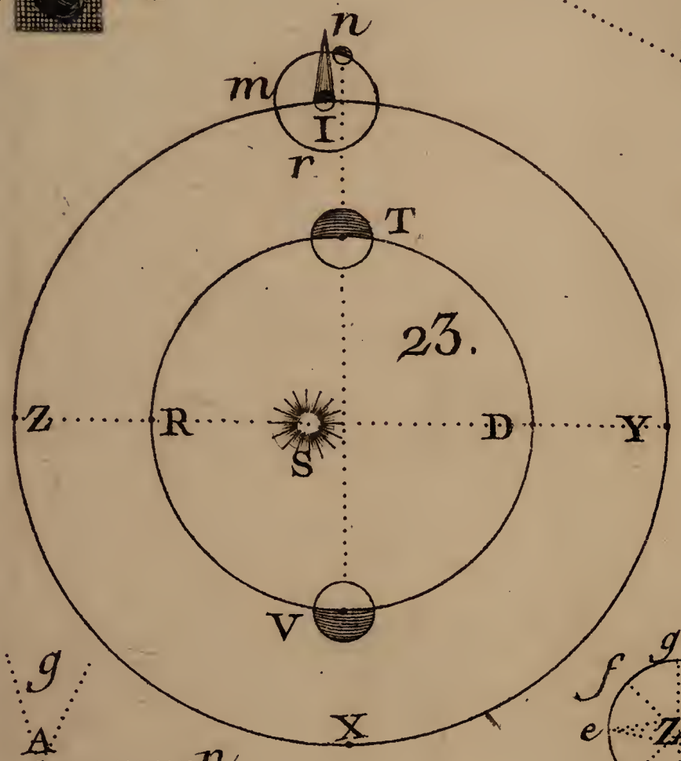

b
a
A
D
B
b
a
20
R

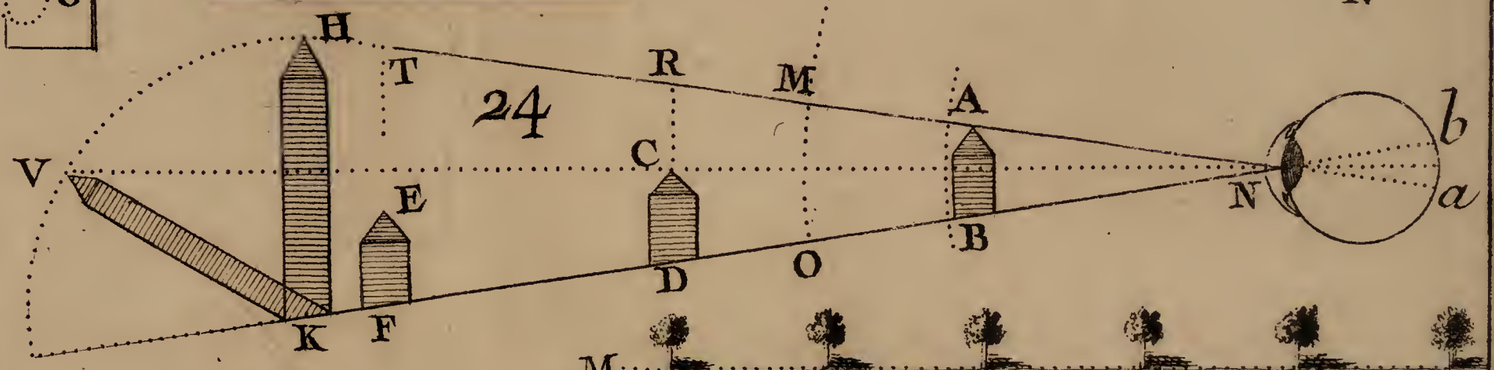
Fig. 21.

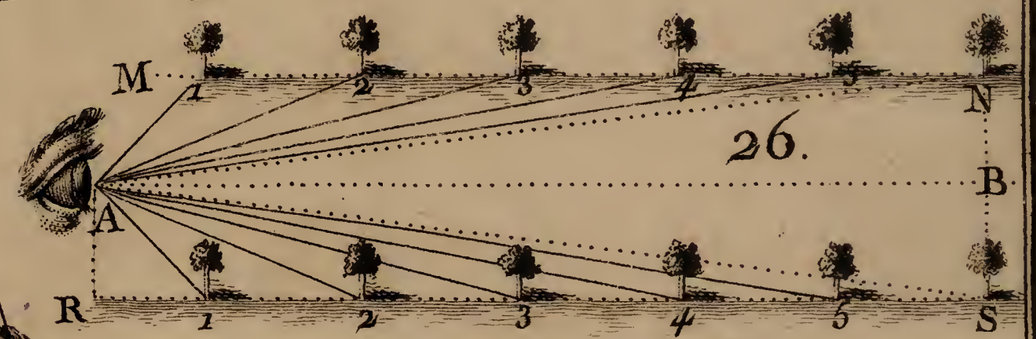

A
R
o
B
S
n
m
D
C
T
E
F
G

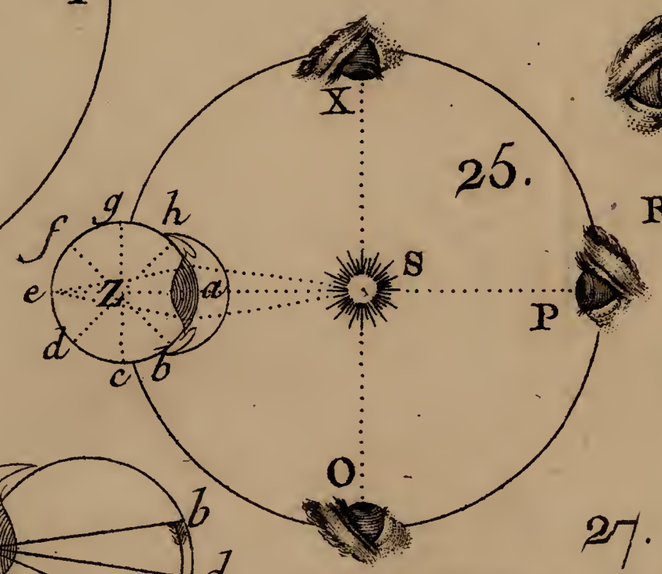
22.

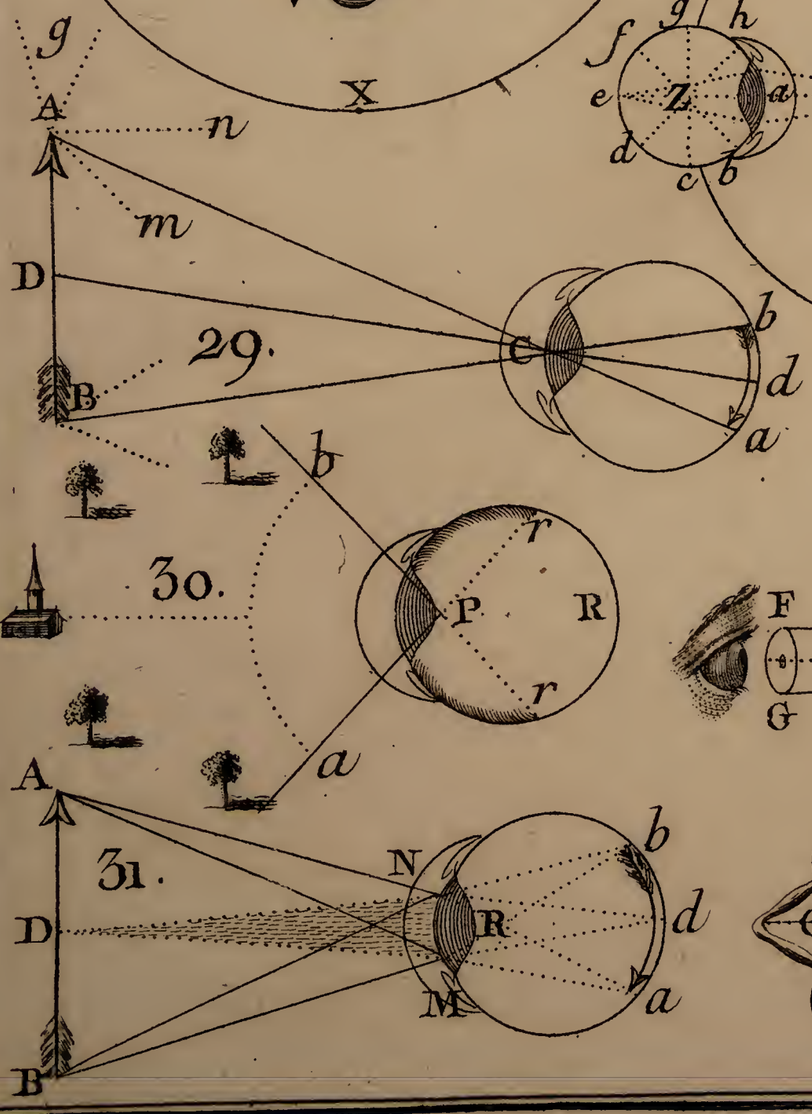

n
B
I
m
V
A
M
D
N

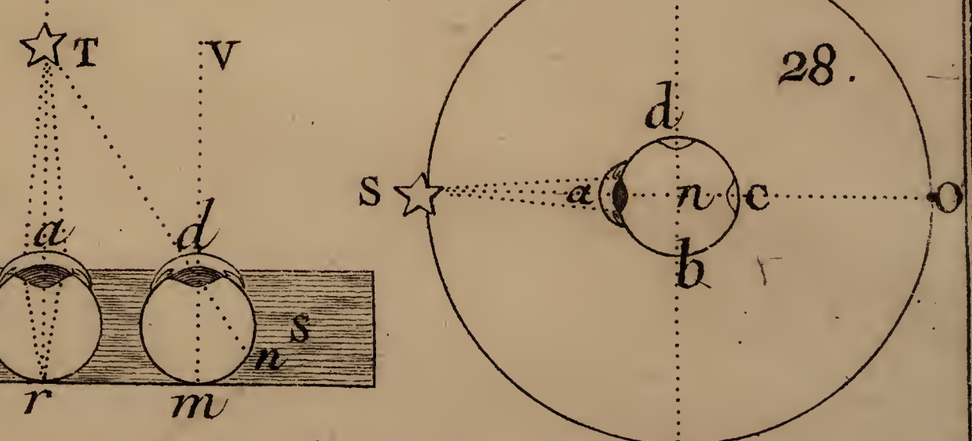

n
m
I
r
T
23.
Z
R
S
D
Y
V
X


H
T
R
M
A
24
V
C
E
N
b
a
B
D
O
K
F


M
1
2
3
4
5
N
26.
B
A
R
1
2
3
4
5
S

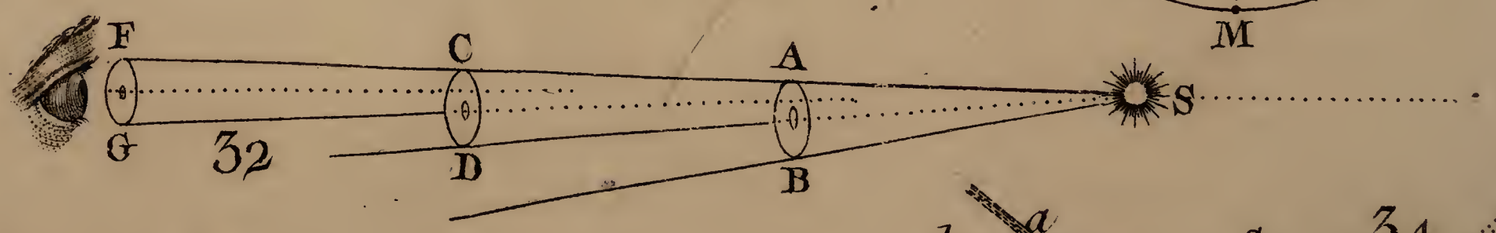

X
25.
g
h
f
S
e
Z
a
P
d
c
b
O


g
A
n
m
D
B
29.
C
b
d
a

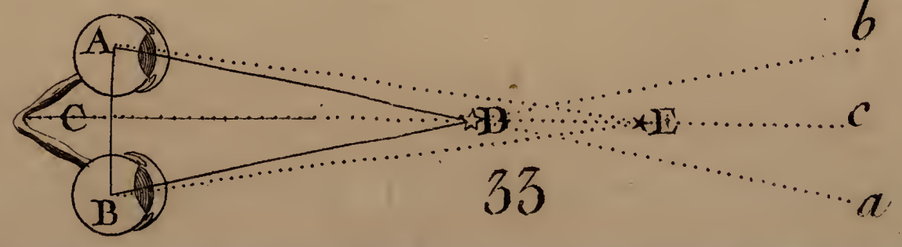

N
28.
d
S
a
n
c
O
b
M

T
V
27.
a
d
R
S
n
r
m

b
30.
r
P
R
a


F
C
A
S
G
32
D
B

A
31.
N
b
D
R
d
M
a
B


A
b
C
D
E
c
B
33
a

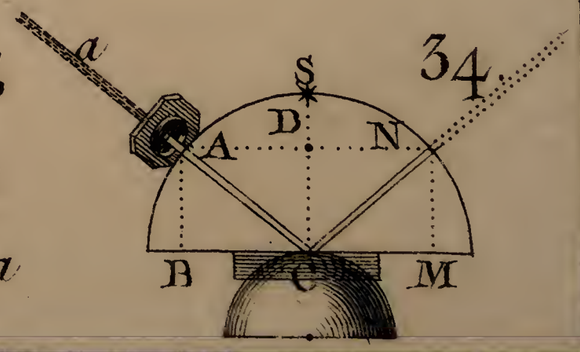
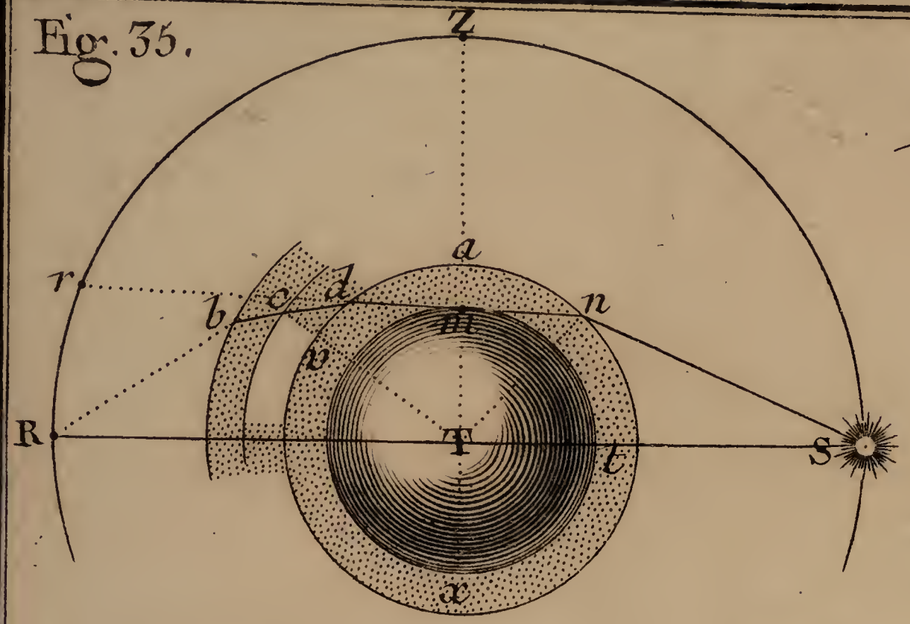
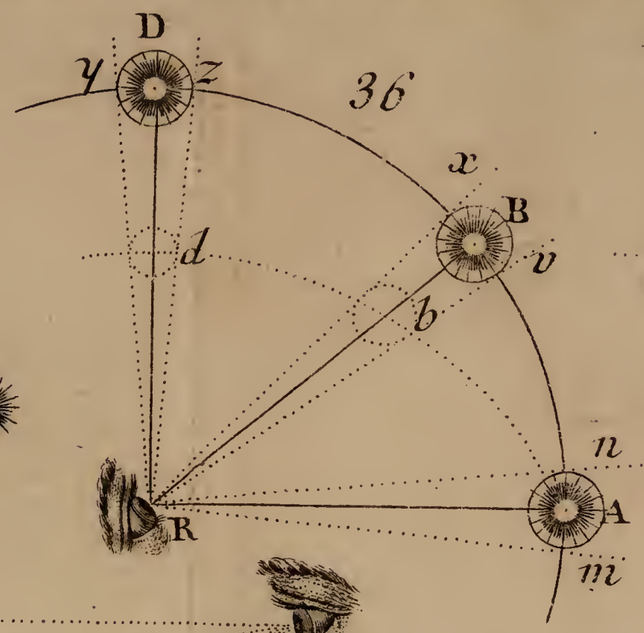
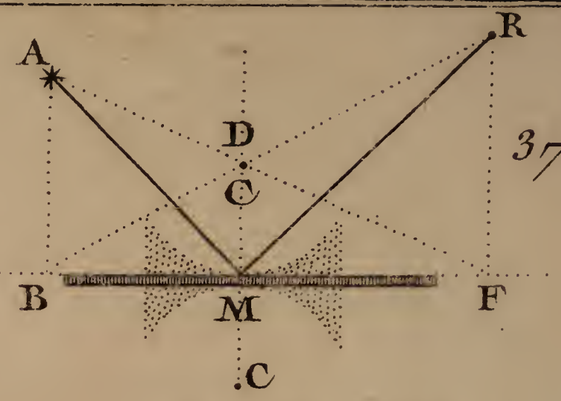
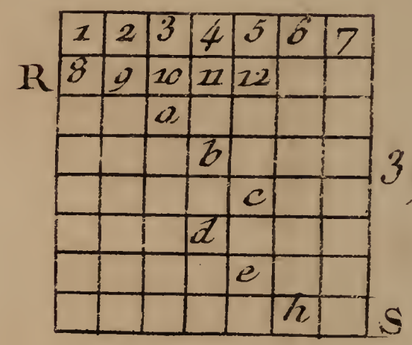

a
S
34
D
A
N
B
C
M

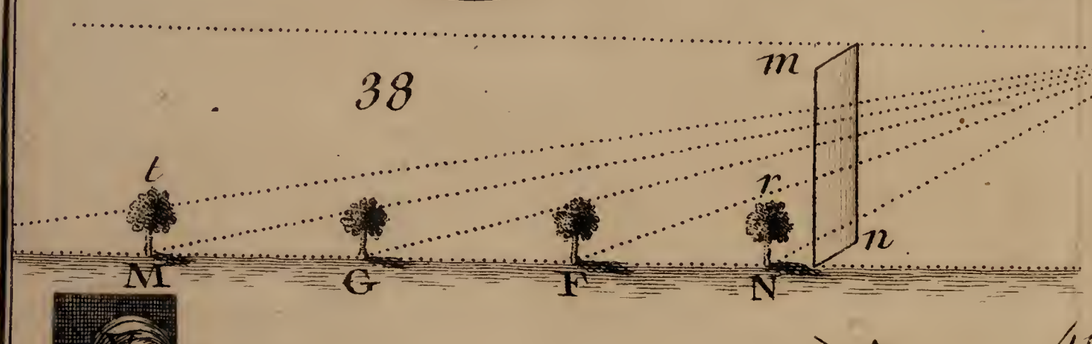
Fig. 35.

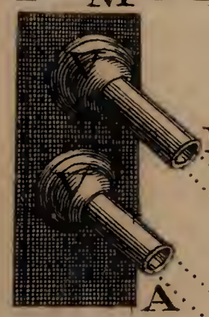


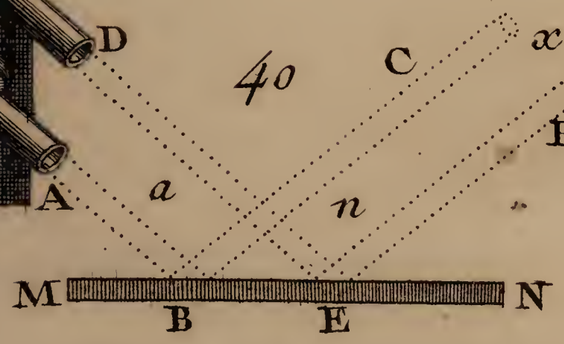


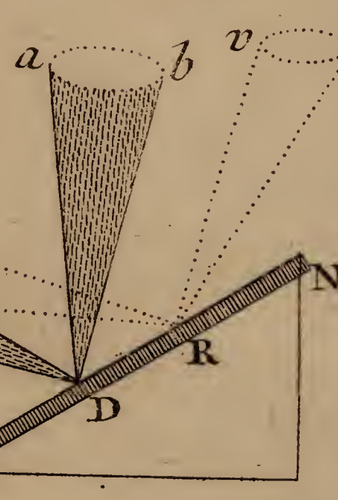


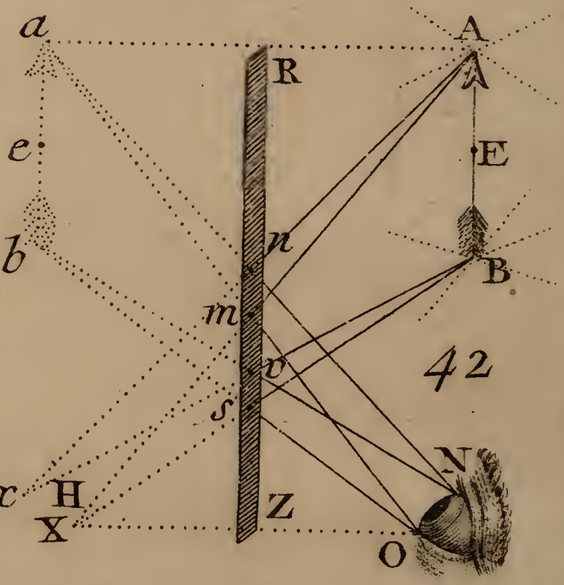


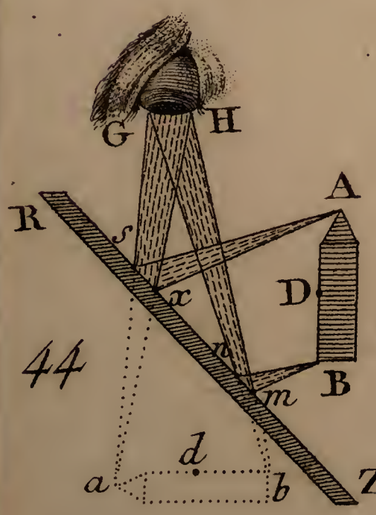


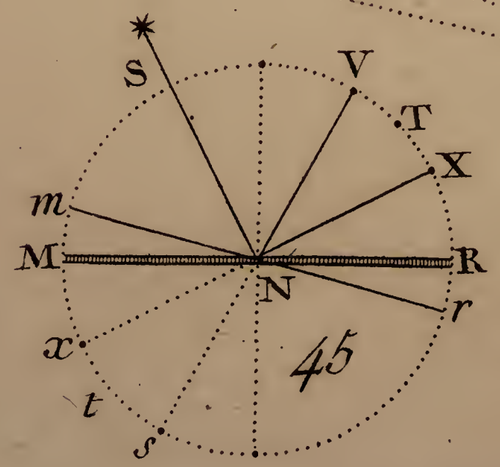


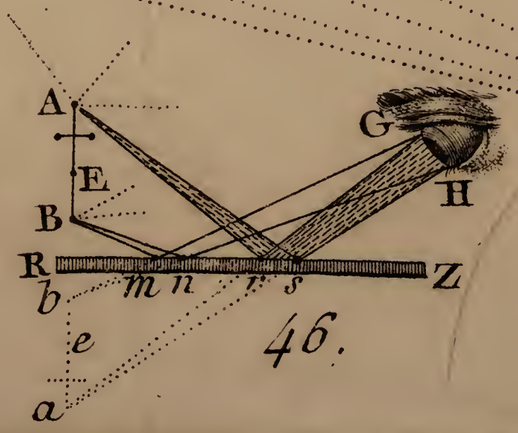






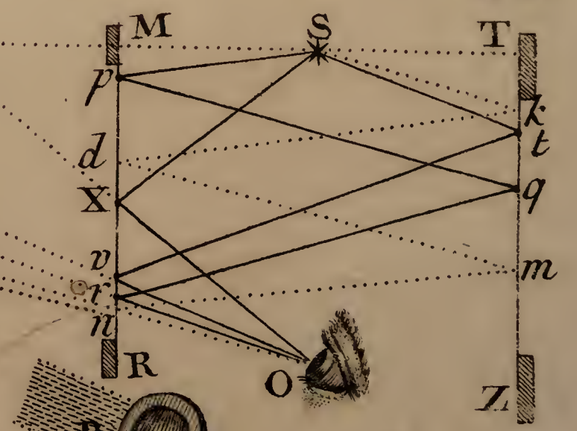


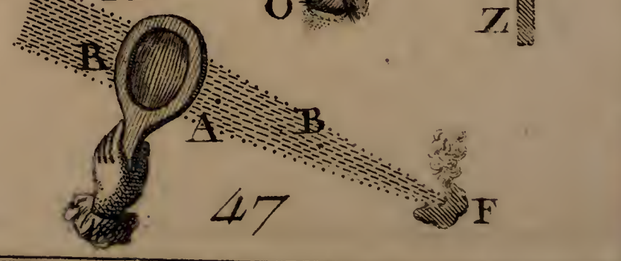




f e d c b a

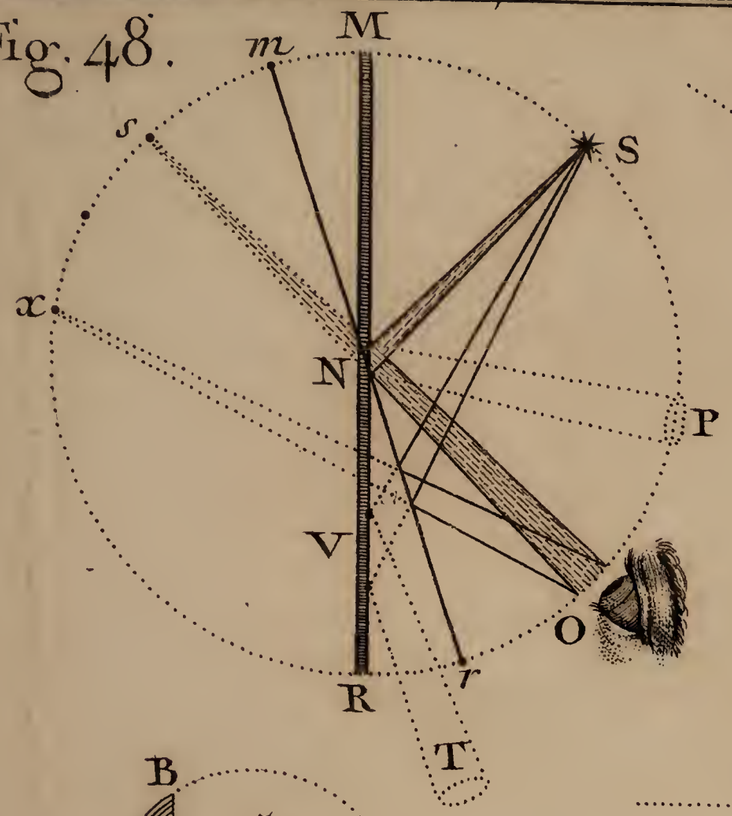
43

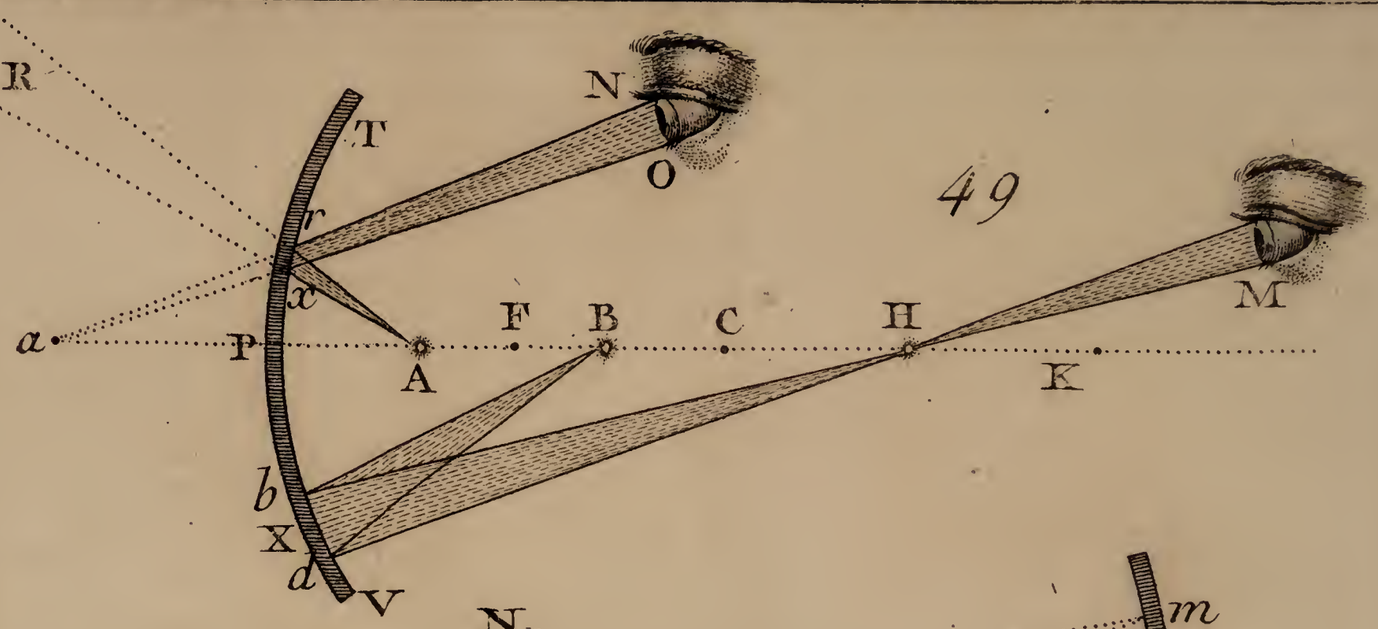


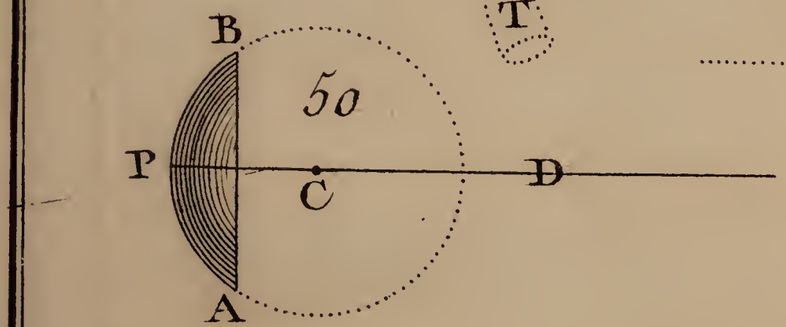


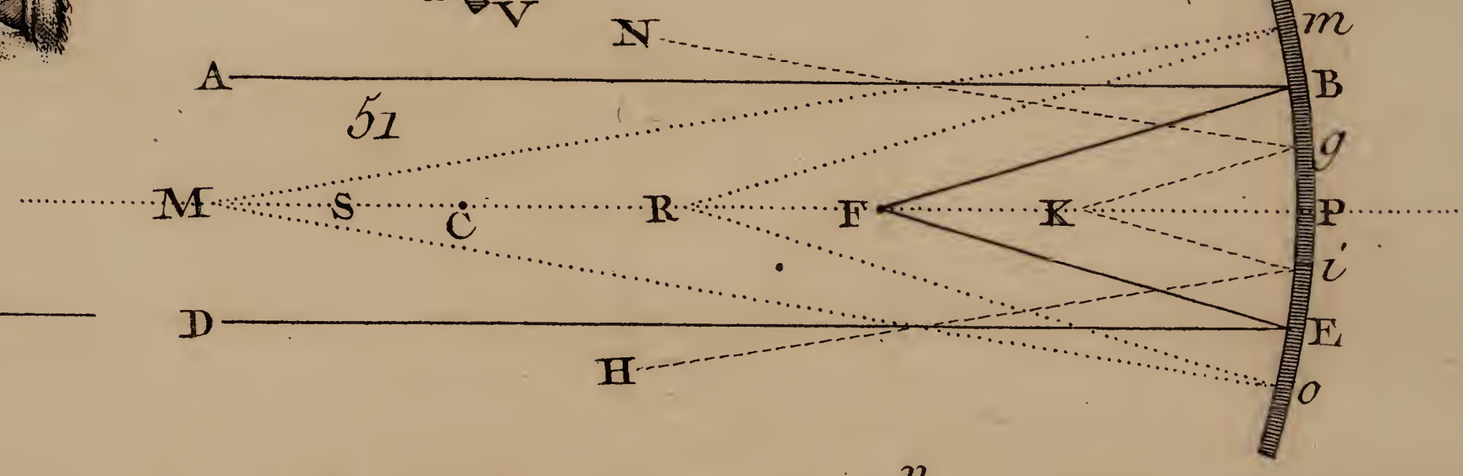
de la Gardette Sculp.

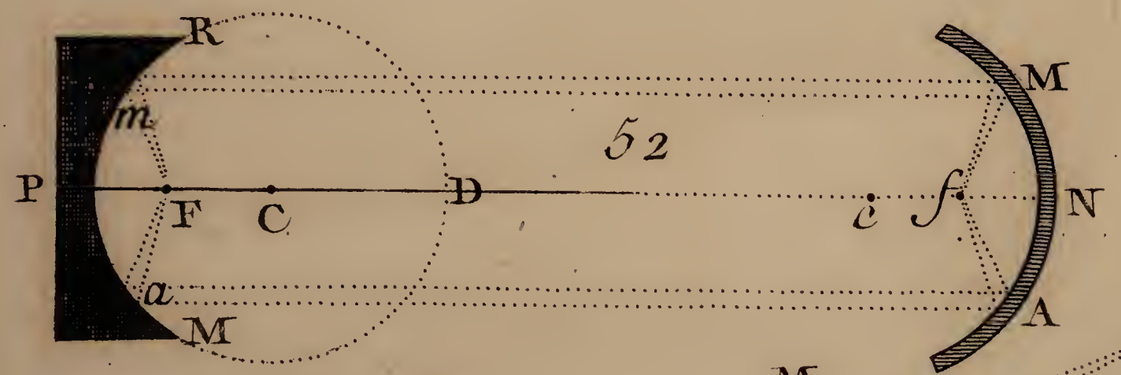
Fig. 48.

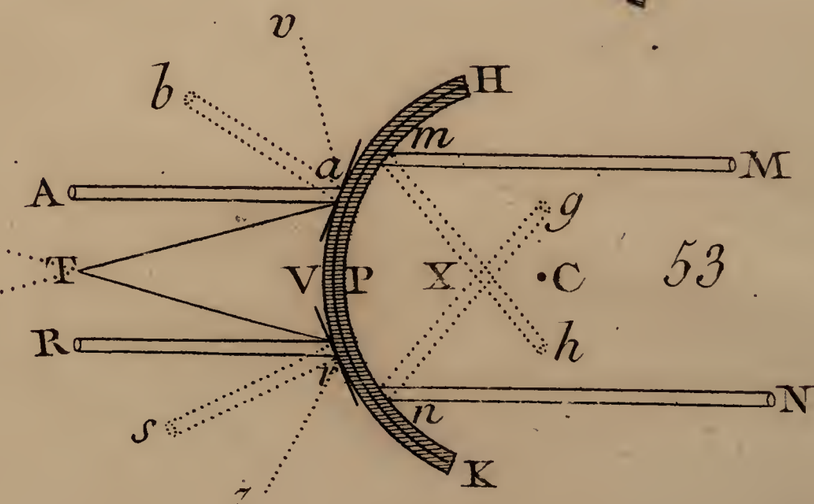


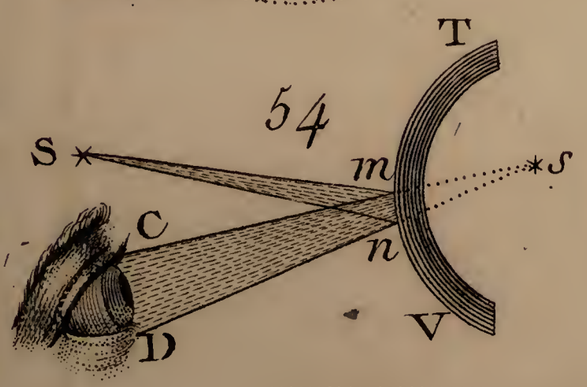


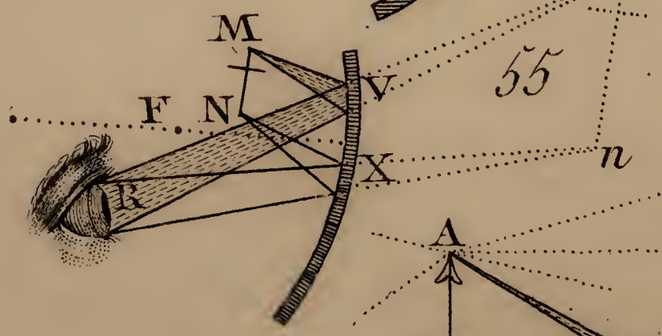


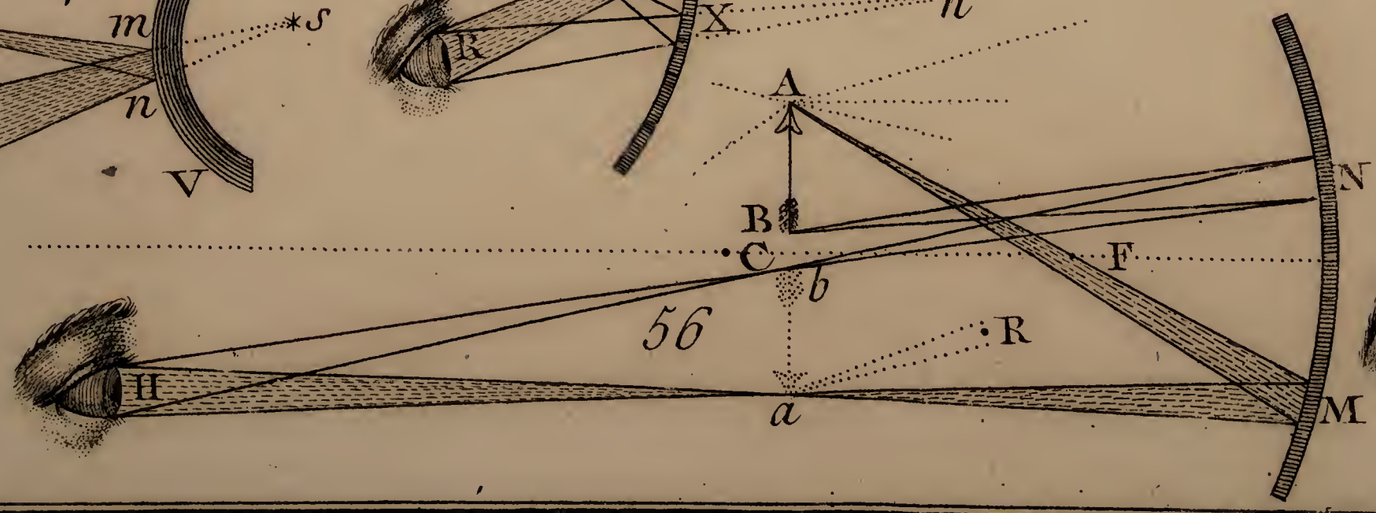


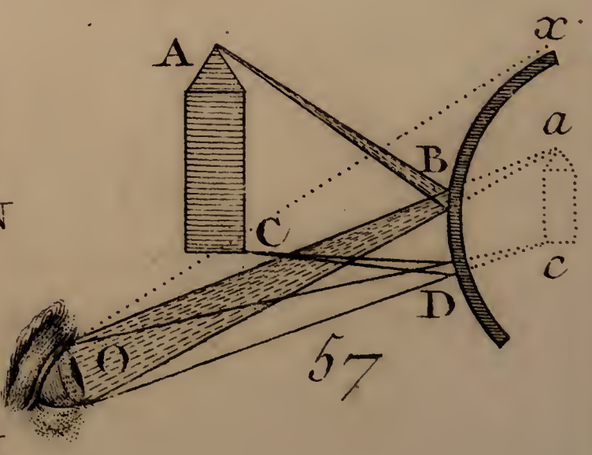






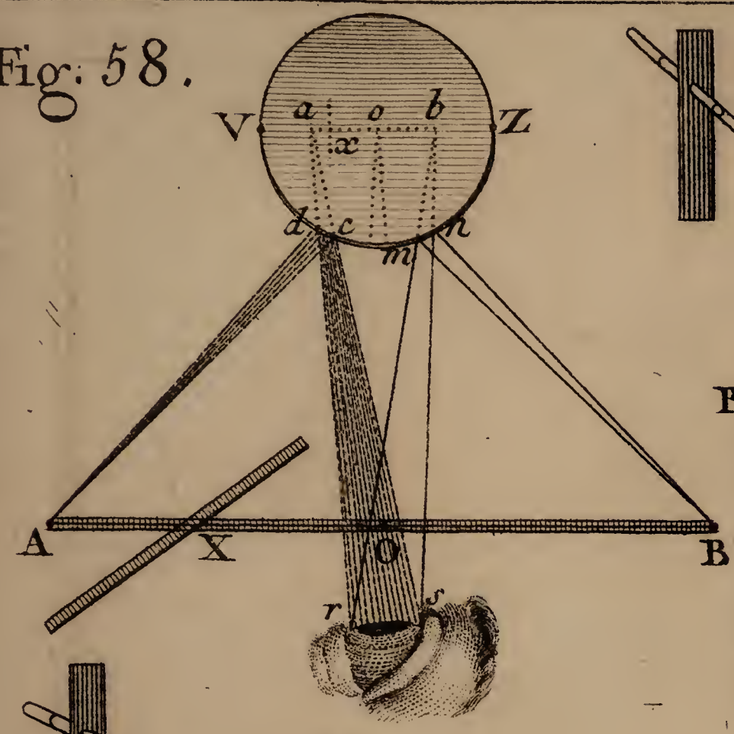




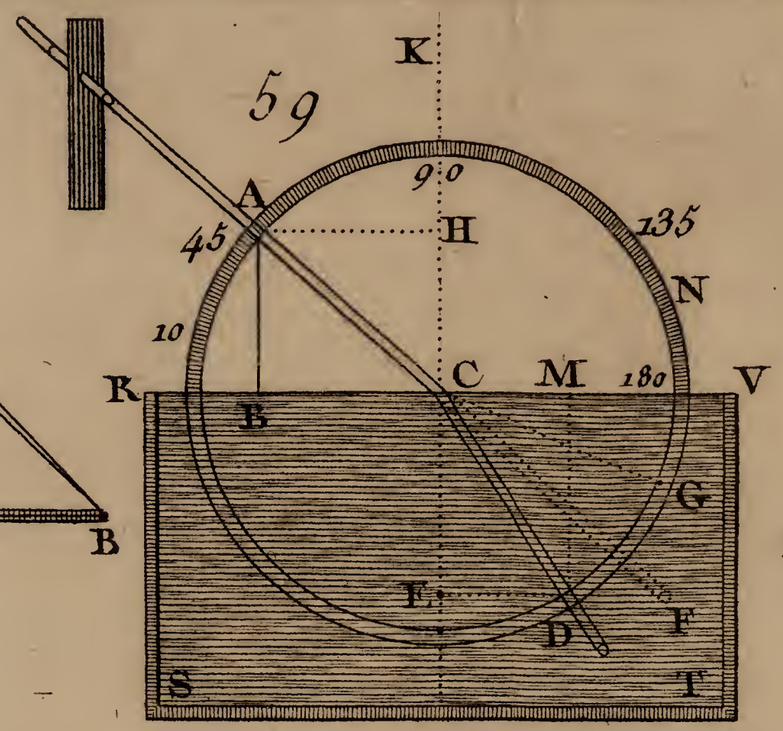


de la Gardette Sculp.

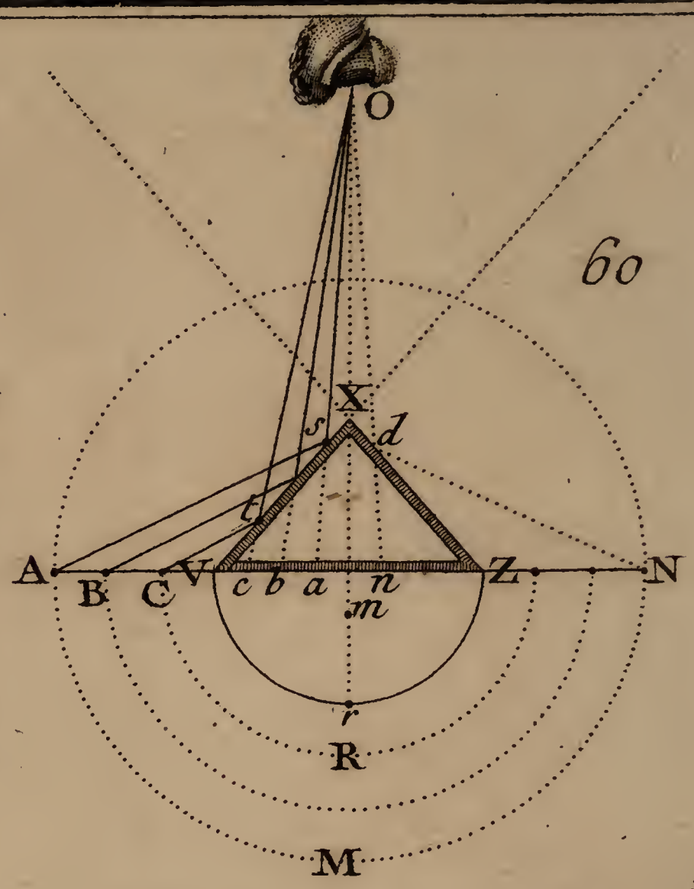
Fig. 58.

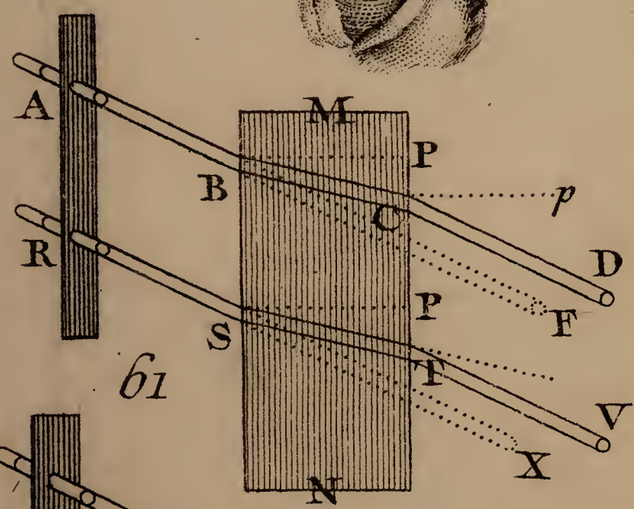


59



60



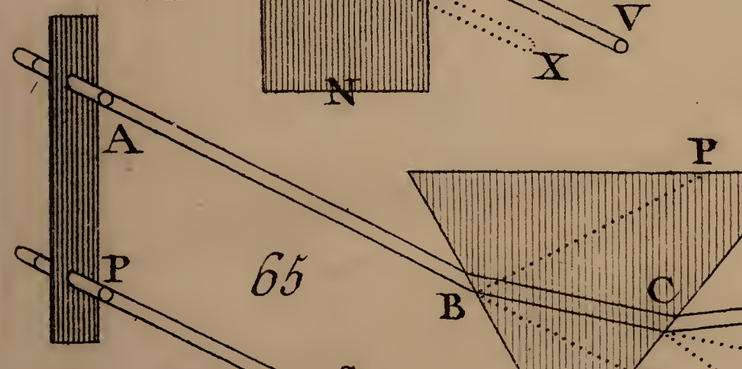


61

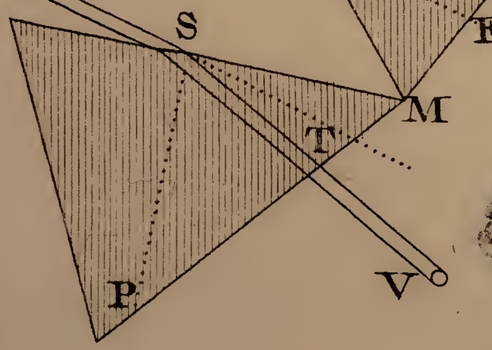
62

63

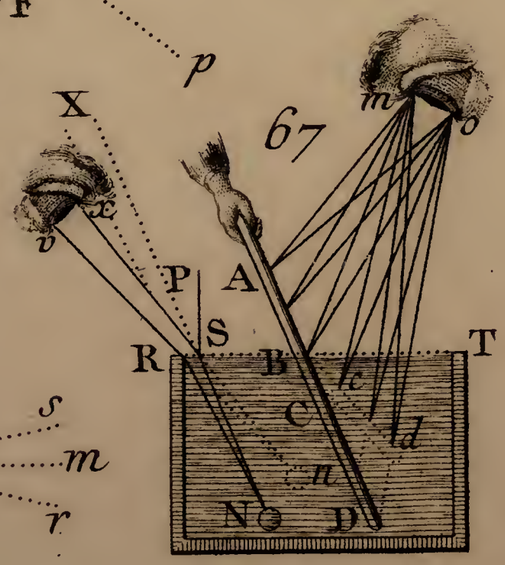
64



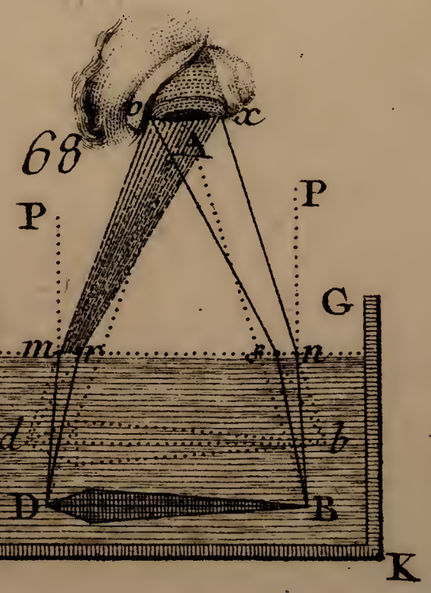
65



66



67



68

69

70

71.

72

73

74

75

76

77

78

79

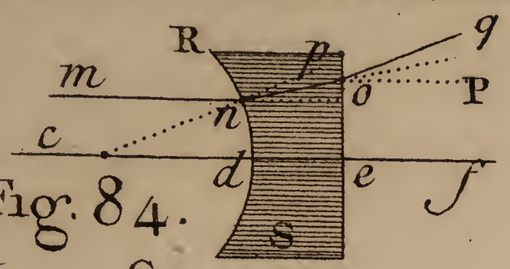
80

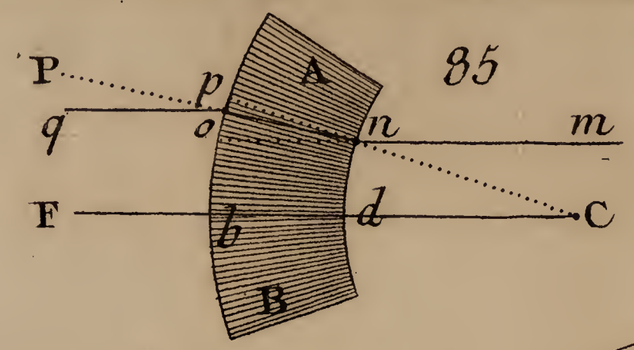
81

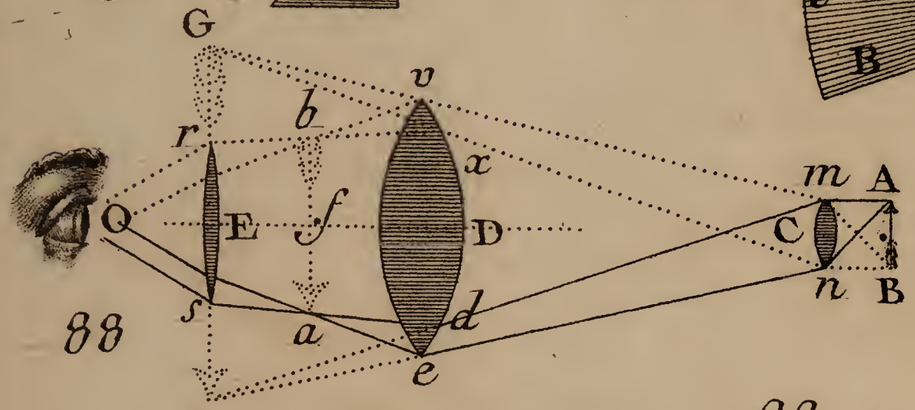
82

83

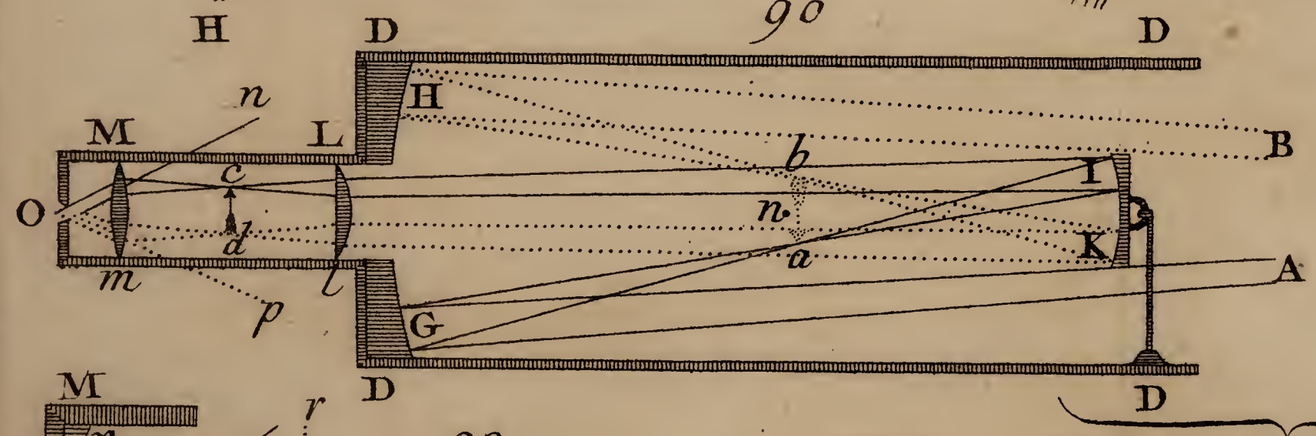
Fig. 84.

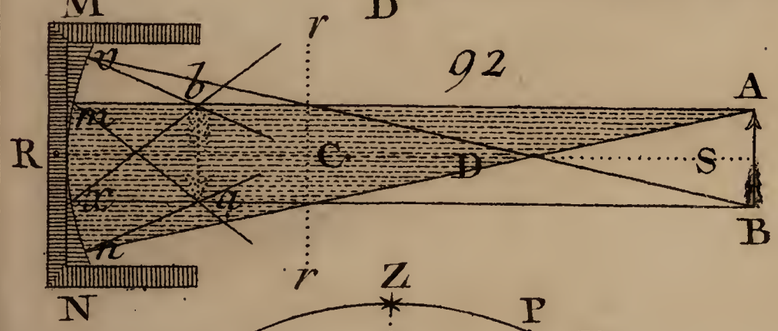


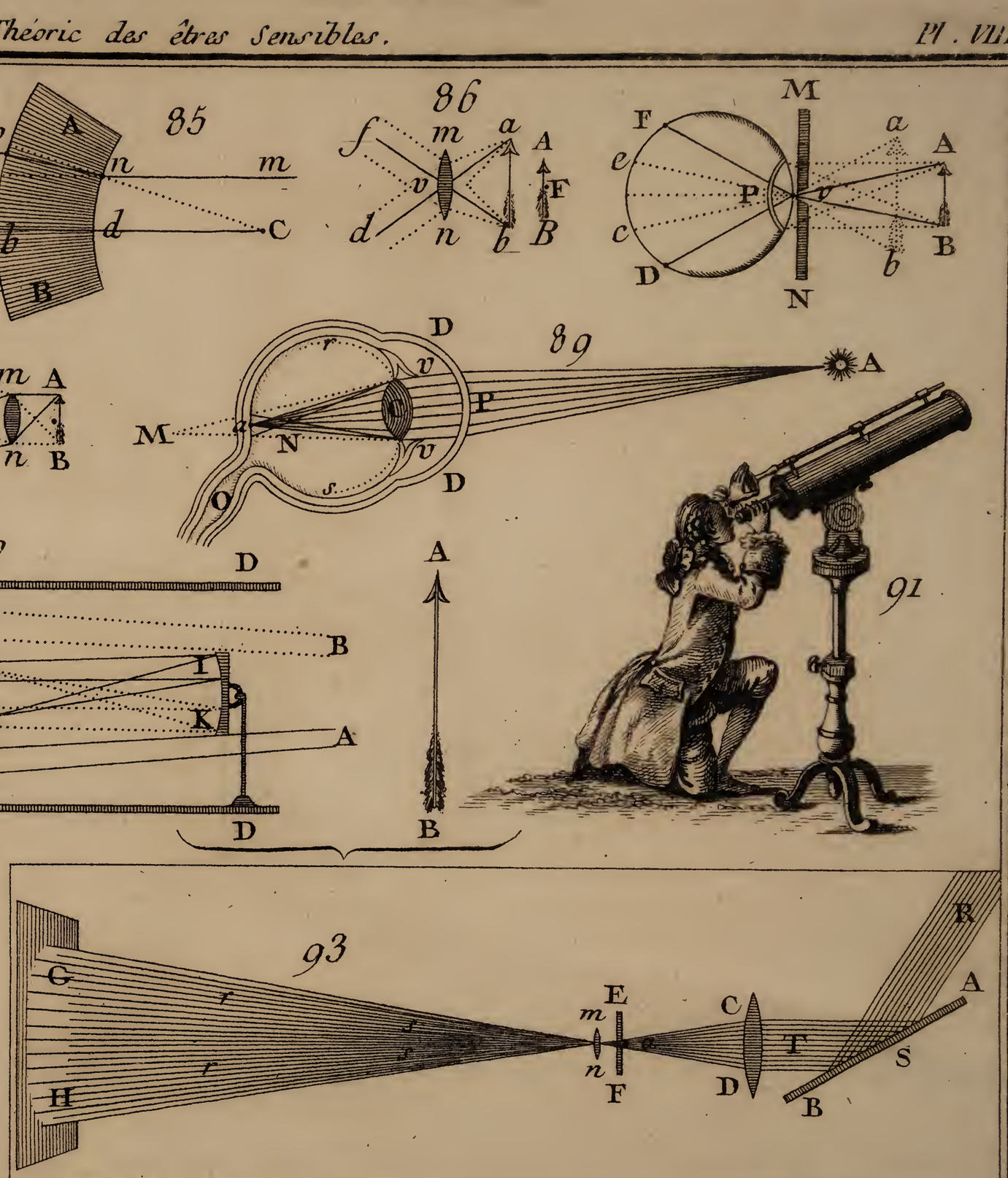


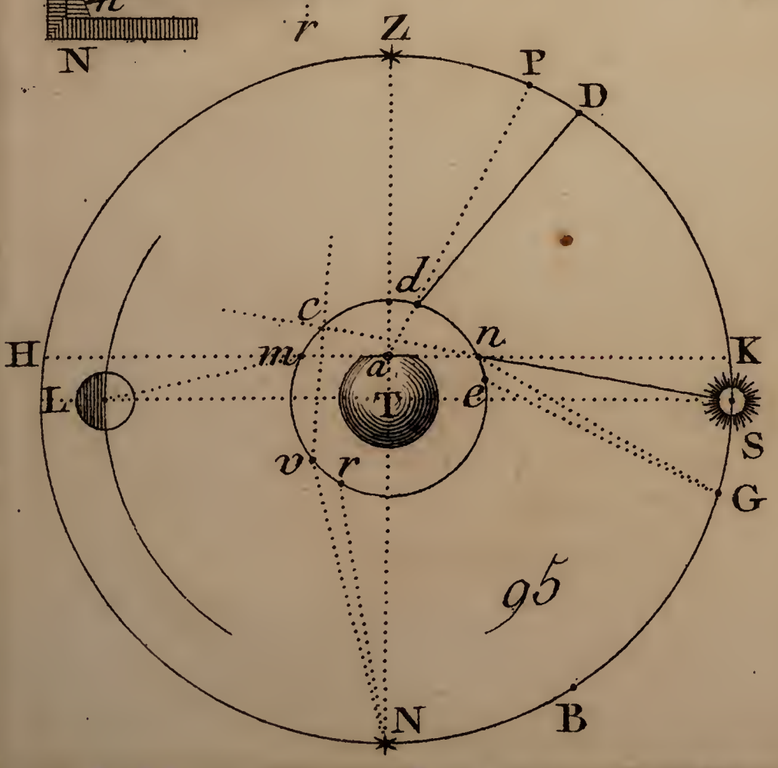


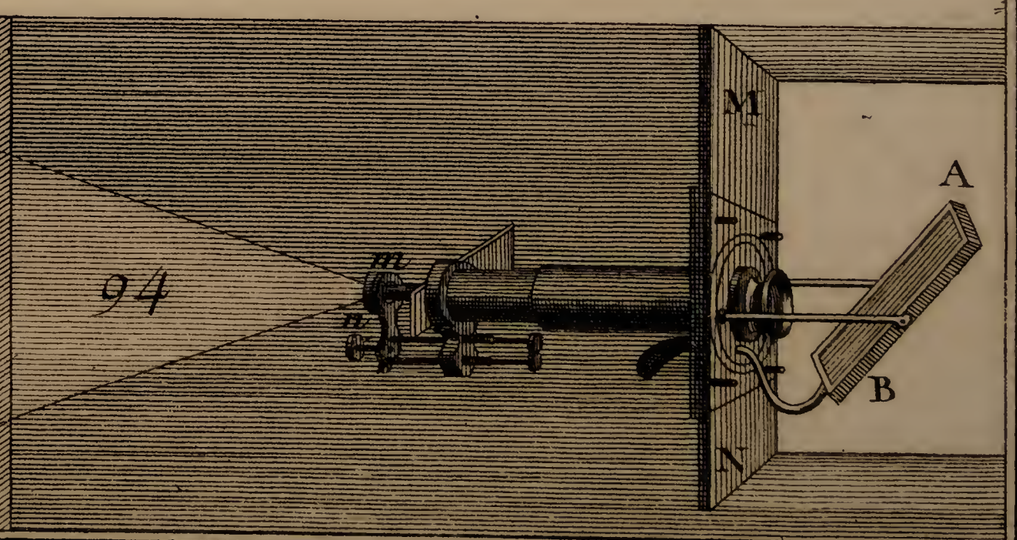
88





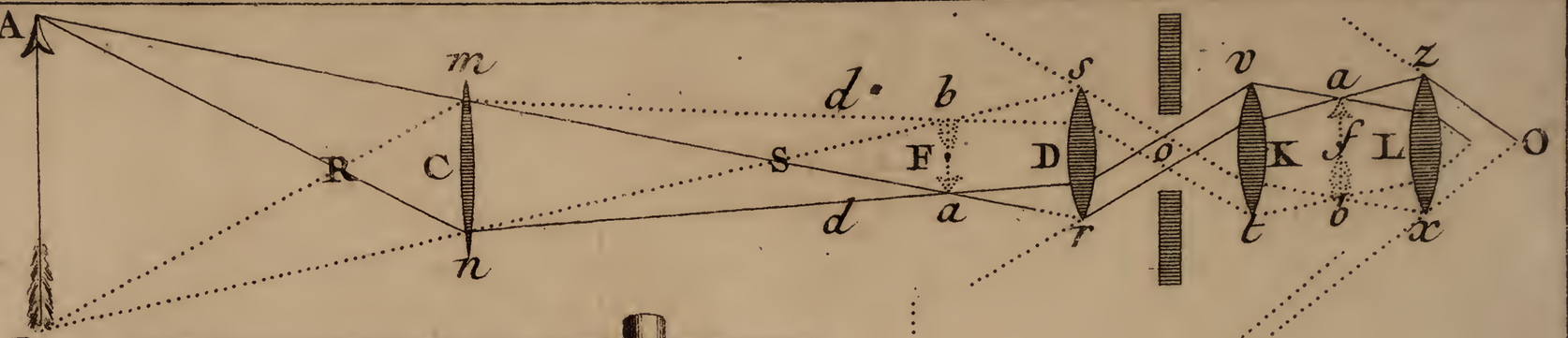




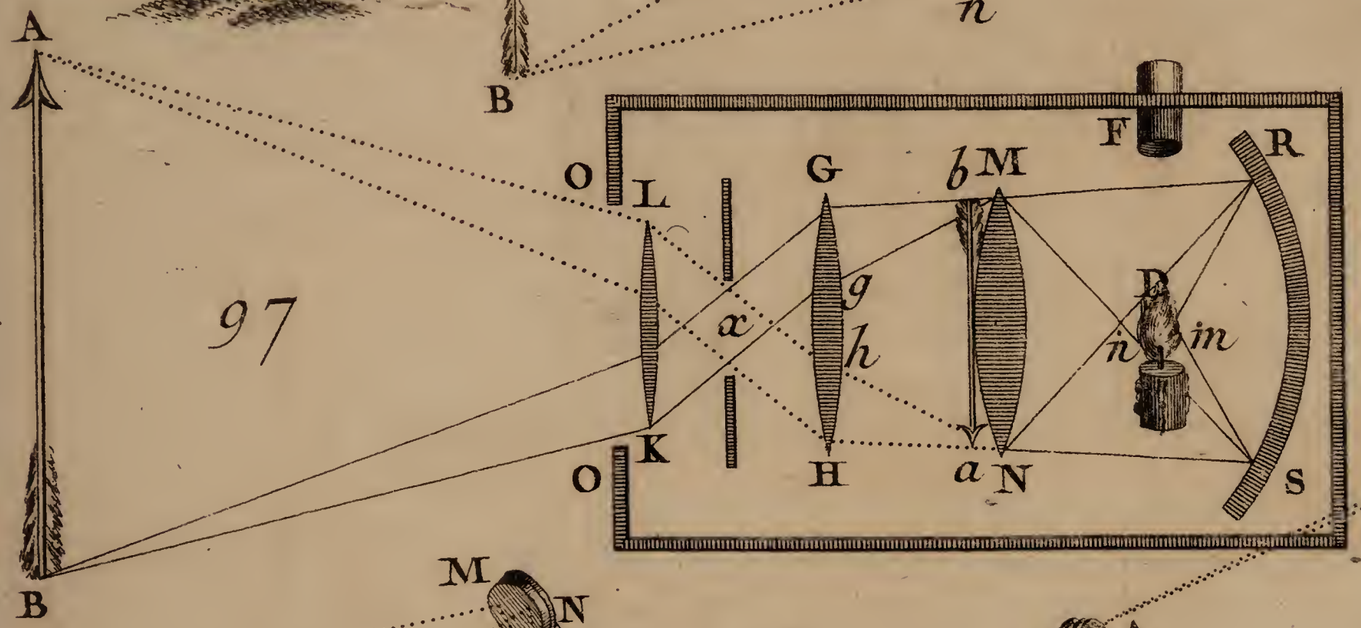


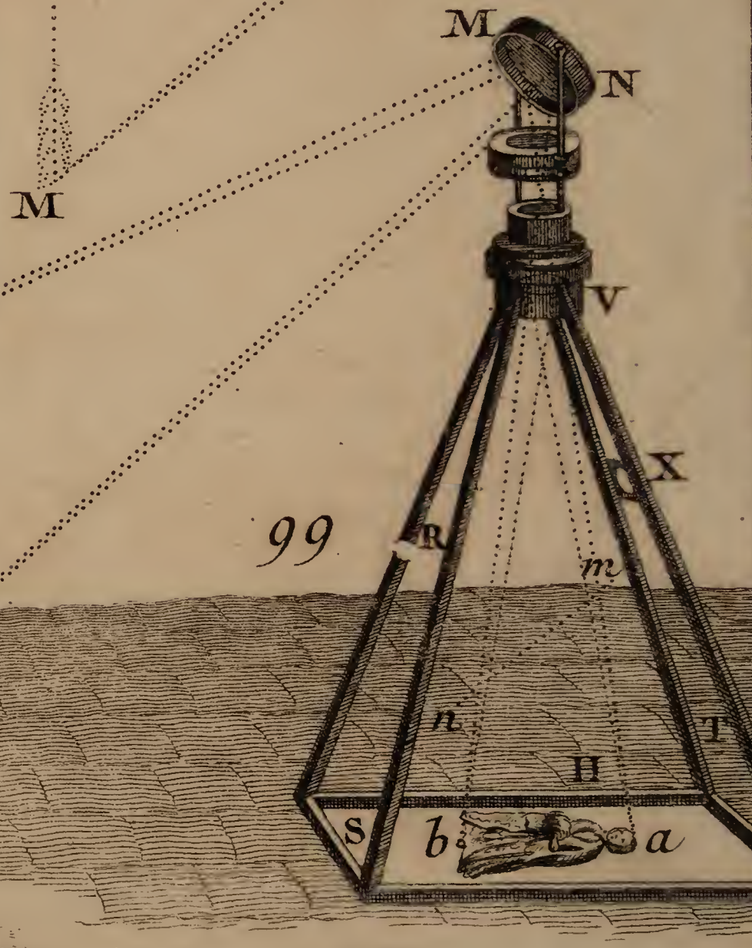
de la Gardelle Sculp. 16.

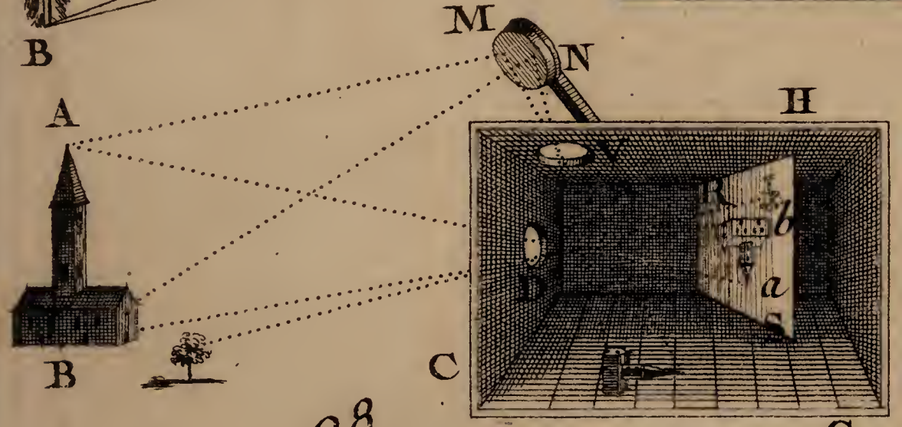
Fig. 96.



97

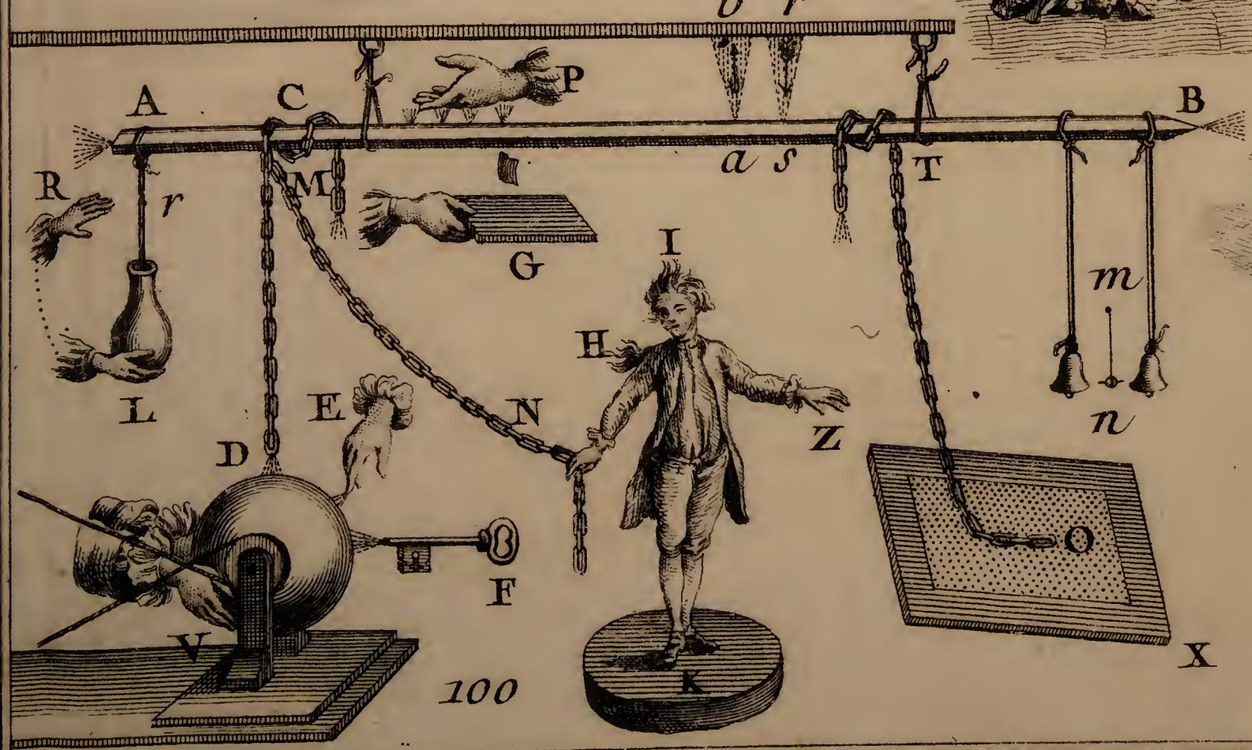




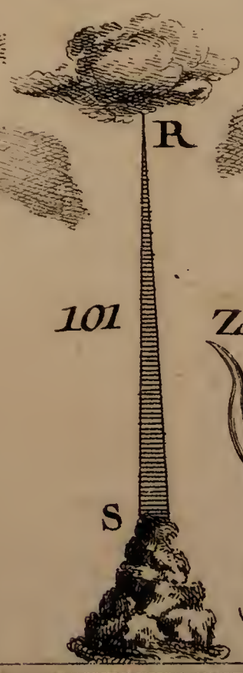


98

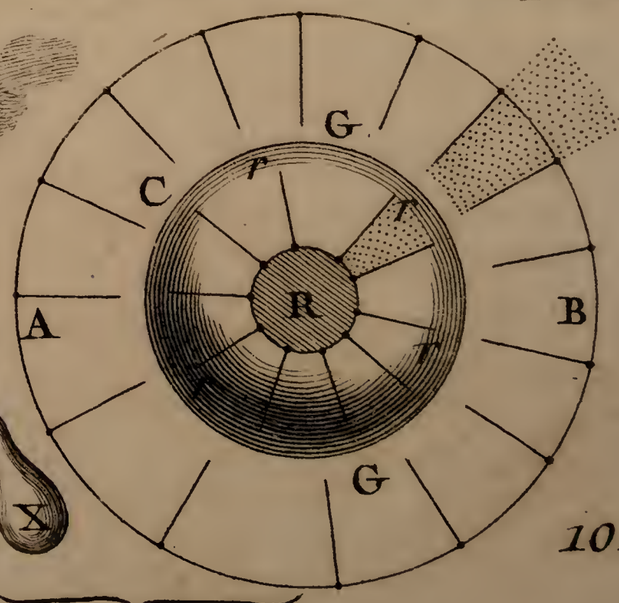
99



100



101



102